

10/562962  
15/47

IAP20 Rec'd PCT/PTO 30 DEC 2005

GKN Driveline International GmbH  
Hauptstraße 130  
53797 Lohmar

02. November 2004  
Ne/bec (20040545)  
Q04059WO00

---

Gegenbahngelenk mit Bahnwendepunkt

---

Patentansprüche

1. Gleichlaufgelenk (11) in Form eines Gegenbahngelenks mit den Merkmalen
- ein Gelenkaußenteil (12), welches eine erste Längsachse ( $A_{12}$ ) und axial zueinander entgegengesetzt eine Anschlußseite und eine Öffnungsseite hat, und das erste äußere Kugelbahnen (18) und zweite äußere Kugelbahnen (20) aufweist
  - ein Gelenkinnenteil (15), welches eine zweite Längsachse ( $A_{22}$ ) und Anschlußmittel für eine zur Öffnungsseite des Gelenkaußenteils (12) weisende Welle (22) hat und das erste innere Kugelbahnen (19) und zweite innere Kugelbahnen (21) aufweist,
  - die ersten äußeren Kugelbahnen (18) und die ersten inneren Kugelbahnen (19) bilden erste Bahnpaare miteinander,
  - die zweiten äußeren Kugelbahnen (20) und die zweiten inneren Kugelbahnen (21) bilden zweite Bahnpaare miteinander, die Bahnpaare nehmen jeweils eine drehmomentübertragende Kugel (17<sub>1</sub>, 17<sub>2</sub>) auf,
  - ein Kugelkäfig (16) sitzt zwischen Gelenkaußenteil (12) und Gelenkinnenteil (15) und weist umfangsverteilte Käfigfenster (24<sub>1</sub>, 24<sub>2</sub>) auf, die jeweils zumindest eine der Kugeln (17<sub>1</sub>, 17<sub>2</sub>) aufnehmen,
  - der Öffnungswinkel ( $\delta_1$ ) der ersten Bahnpaare öffnet sich bei gestrecktem Gelenk in der Gelenkmittelebene (E) von der Öffnungsseite zur Anschlußseite des Gelenkaußenteils (12),
  - der Öffnungswinkel ( $\delta_2$ ) der zweiten Bahnpaare öffnet sich bei gestrecktem Gelenk in der Gelenkmittelebene (E) von der Anschlußseite zur Öffnungsseite

BEST AVAILABLE COPY

des Gelenkaußenteils (12),

dadurch gekennzeichnet,

daß die Bahnmittellinien ( $L_{18}, L_{19}$ ) der ersten Bahnpaare jeweils einen Wendepunkt ( $T_{1-2}$ ) haben und der Mittelpunktwinkel ( $\beta$ ) an den Wendepunkt ( $T_{1-2}$ ) bezogen auf die Gelenkmittelebene (E) jeweils größer als  $4^\circ$  ist.

2. Gleichlaufgelenk nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

daß der Mittelpunktwinkel ( $\beta$ ) an den Wendepunkt ( $T_{1-2}$ ) bezogen auf die Gelenkmittelebene (E) jeweils größer als  $5^\circ$  ist.

3. Gelenk nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

daß der Mittelpunktwinkel ( $\beta$ ) an den Wendepunkt ( $T_{1-2}$ ) bezogen auf die Gelenkmittelebene (E) jeweils kleiner als  $12^\circ$  ist.

4. Gleichlaufgelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

dadurch gekennzeichnet,

daß eine Tangente an die Bahnmittellinien ( $L_{18}, L_{19}$ ) der ersten Bahnpaare im Wendepunkt ( $T_{1-2}$ ) mit der jeweiligen Längsachse ( $A_{12}, A_{22}$ ) bzw. eine Senkrechte auf dieser Tangente mit der Gelenkmittelebene (E) einen Wendepunktwinkel ( $\alpha$ ) bildet, der mit

$$\alpha \geq \beta + \arcsin \left[ \frac{O_2}{R_2} \cdot \sin(\beta - 90^\circ) \right]$$

definiert ist, wobei  $O_2$  der axiale Abstand des Schnittpunkts einer Senkrechten auf der Tangente mit der jeweiligen Längsachse ( $A_{12}, A_{22}$ ) und  $(R_2)$  der Abstand dieses Schnittpunktes vom Wendepunkt ( $T_{1,2}$ ) ist.

5. Gleichlaufgelenk nach Anspruch 4,

dadurch gekennzeichnet,

daß der Wendepunktwinkel ( $\alpha$ ) mit

$$\alpha \geq \beta + \arcsin \left[ \frac{O_2 + a \cdot \tan(\beta)}{R_2} \cdot \sin(\beta + 90^\circ) \right]$$

definiert ist, wenn die jeweilige Bahnmittellinie ( $L_{18}, L_{19}$ ) von der Gelenkmittelebene ( $E$ ) bis zum Wendepunkt ( $T_{1,2}$ ) einen Radius ( $R_2$ ) aufweist, dessen Mittelpunkt ( $M_2$ ) von der Gelenkmittelebene ( $E$ ) den axialen Abstand ( $O_2$ ) und von der jeweiligen Längsachse ( $A_{12}, A_{22}$ ) den radialen Abstand ( $a$ ) in Richtung zum Wendepunkt ( $T_{1,2}$ ) hat.

6. Gleichlaufgelenk nach Anspruch 4,

dadurch gekennzeichnet,

daß der Wendepunktwinkel ( $\alpha$ ) mit

$$\alpha \geq \beta + \arcsin \left[ \frac{O_2 - b \cdot \tan(\beta)}{R_2} \cdot \sin(\beta + 90^\circ) \right]$$

- definiert ist, wenn die jeweilige Bahnmittellinie ( $L_{18}$ ,  $L_{19}$ ) in der Gelenkmittelebene (E) bis zum Wendepunkt ( $T_{1,2}$ ) einen Radius ( $R_2$ ) aufweist, dessen Mittelpunkt ( $M_2$ ) von der Gelenkmittelebene (E) den axialen Abstand ( $O_2$ ) und von der jeweiligen Längsachse ( $A_{12}$ ,  $A_{22}$ ) den radialen Abstand (b) in Richtung vom Wendepunkt ( $T_{1,2}$ ) weg hat.
7. Gleichlaufgelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 6,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Bahnmittellinien ( $L_{18}$ ,  $L_{19}$ ) jeweils aus einem Radius ( $R_2$ ) und vom Wendepunkt ( $T_{1,2}$ ) ab aus einem Gegenradius ( $R_1$ ) zusammengesetzt sind.
8. Gleichlaufgelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 6,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Bahnmittellinien ( $L_{18}$ ,  $L_{19}$ ) aus einem Radius ( $R_2$ ) und vom Wendepunkt ( $T_{1,2}$ ) aus einem Gegenradius ( $R_1$ ) sowie einem sich auf der Gegenseite an den Radius ( $R_2$ ) anschließenden kleineren Radius ( $R_3$ ) mit gleichem Krümmungssinn zusammensetzt.
9. Gleichlaufgelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 6,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Bahnmittellinien ( $L_{18}$ ,  $L_{19}$ ) sich aus einem Radius ( $R_2$ ) einer sich im Wendepunkt ( $T_{1,2}$ ) (!) anschließenden Geraden und einem sich auf der Gegenseite an den Radius ( $R_2$ ) anschließenden kleineren Radius ( $R_3$ ) mit gleichem Krümmungssinn zusammensetzen (Figur 16).

10. Gleichlaufgelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 9,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Bahnmittellinien ( $L_{20}, L_{21}$ ) der zweiten Kugelbahnen sich aus einem Radius ( $R_5$ ) und einer zur Öffnungsseite sich anschließenden achsparallelen Geraden zusammensetzen (Figur 9).

11. Gleichlaufgelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 9,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Bahnmittellinien ( $L_{20}, L_{21}$ ) der zweiten Kugelbahnen sich aus einem Radius ( $R_5$ ) und einem sich zur Öffnungsseite anschließenden Gegenradius ( $R_4$ ) zusammensetzen. (Figur 10)

12. Gleichlaufgelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 9,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Bahnmittellinien ( $L_{20}, L_{21}$ ) der zweiten Kugelbahnen aus einem Radius ( $R_5$ ) gebildet werden. (Figur 12).

13. Gleichlaufgelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 12,

dadurch gekennzeichnet,

daß das Gelenk ein 6-Kugel-Gelenk ist.

14. Gleichlaufgelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 12,

dadurch gekennzeichnet,

daß Gelenk ein 8-Kugel-Gelenk ist.

15. Gleichlaufgelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 12,

dadurch gekennzeichnet,

daß Käfigfenster (24<sub>1</sub>) für die ersten Kugeln (17<sub>1</sub>) in Umfangsrichtung kürzer sind als Käfigfenster (24<sub>2</sub>) für die zweiten Kugeln (17<sub>2</sub>).

16. Gleichlaufgelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 13 und Anspruch 14,

dadurch gekennzeichnet,

daß für das Verhältnis des Teilkreisdurchmessers der Kugeln PCDB und des Krümmungsradius R<sub>1</sub> folgendes gilt

$$1,5 < \text{PCDB} / R_1 < 1,9.$$

17. Gleichlaufgelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 13 und Anspruch 14,

dadurch gekennzeichnet,

daß für das Verhältnis des Teilkreisdurchmessers der Kugeln PCDB und des Krümmungsradius R<sub>2</sub> folgendes gilt

$$1,8 < \text{PCDB} / R_2 < 2,2.$$

18. Gleichlaufgelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 13 und Anspruch 14,

dadurch gekennzeichnet,

daß für das Verhältnis des Teilkreisdurchmessers der Kugeln PCDB und des Krümmungsradius R<sub>3</sub> folgendes gilt

$2,3 < PCDB / R_3 < 2,7$ .

19. Gleichlaufgelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 13 und Anspruch 14,

dadurch gekennzeichnet,

daß für das Verhältnis des Teilkreisdurchmessers der Kugeln PCDB und des Krümmungsradius  $R_4$  folgendes gilt

$2,1 < PCDB / R_4 < 2,5$ .

20. Gleichlaufgelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 13 und Anspruch 14,

dadurch gekennzeichnet,

daß für das Verhältnis des Teilkreisdurchmessers der Kugeln PCDB und des Krümmungsradius  $R_5$  folgendes gilt

$1,8 < PCDB / R_5 < 2,2$ .

21. Gleichlaufgelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 13 und Anspruch 14,

dadurch gekennzeichnet,

daß für das Verhältnis des Teilkreisdurchmessers der Kugeln PCDB und des axialen Mittelpunktversatzes  $O_2$  des Krümmungsradius  $R_2$  folgendes gilt

$12 < PCDB / O_2 < 16$ .

22. Gleichlaufgelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 13 und Anspruch 14,

dadurch gekennzeichnet,

daß für das Verhältnis des Teilkreisdurchmessers der Kugeln PCDB und des axialen Mittelpunktversatzes  $O_5$  des Krümmungsradius  $R_5$  folgendes gilt

$$12 < \text{PCDB} / O_5 < 16.$$

23. Gleichlaufgelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 13 und Anspruch 14,

dadurch gekennzeichnet,

daß für das Verhältnis des Teilkreisdurchmessers der Kugeln PCDB und des Außendurchmessers OD des Gelenkaußenteils (12) folgendes gilt

$$0,6 < \text{PCDB} / \text{OD} < 0,8.$$

24. Gleichlaufgelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 13 und Anspruch 14,

dadurch gekennzeichnet,

daß für das Verhältnis des Teilkreisdurchmessers der Kugeln PCDB und der axialen Länge L des Gelenkinnenteils (15) folgendes gilt

$$2,1 < \text{PCDB} / L < 2,5.$$

25. Gleichlaufgelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 13 und Anspruch 14,

dadurch gekennzeichnet,

daß für das Verhältnis des Teilkreisdurchmessers der Kugeln PCDB und des Kugeldurchmessers DB folgendes gilt

$$3,4 < \text{PCDB} / \text{DB} < 4,0.$$

26. Gleichlaufgelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 13 und Anspruch 14,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß für das Verhältnis des Teilkreisdurchmessers der Kugeln PCDB und des  
Teilkreisradius PCDS der Einstektköpfung des Gelenkkinnenteils (15) folgendes  
gilt
- $$2,1 < \text{PCDB} / \text{PCDS} < 2,5.$$
27. Gleichlaufgelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 13 und Anspruch 14,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß für das Verhältnis des Rollkreisdurchmessers PCDB und des Außen-  
durchmessers DCA des Kugelkäfigs (16) folgendes gilt
- $$0,75 < \text{PCDB} / \text{DCA} < 1,05.$$
28. Gleichlaufgelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 13 und Anspruch 14,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß für das Verhältnis des Rollkreisdurchmessers PCDB und des Innendurch-  
messers DCI des Kugelkäfigs (16) folgendes gilt
- $$0,85 < \text{PCDB} / \text{DCI} < 1,15.$$
29. Gleichlaufgelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 13 und Anspruch 14,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß für das Verhältnis des Rollkreisdurchmessers PCDB und der umfänglichen  
Stegbreite W des Kugelkäfigs (16) folgendes gilt

$7,5 < PCDB / W < 11,5$ .

30. Gleichlaufgelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 13 und Anspruch 14,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß für das Verhältnis des Rollkreisdurchmessers PCDB und der Umfangslänge L1 der ersten Käfigfenster (23) folgendes gilt
- $2,8 < PCDB / L1 < 3,4$ .
31. Gleichlaufgelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 13 und Anspruch 14,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß für das Verhältnis des Rollkreisdurchmessers PCDB und der Umfangslänge L2 der zweiten Käfigfenster (24) folgendes gilt
- $2,6 < PCDB / L2 < 3,2$ .
32. Gelenkwelle umfassend zwei Gleichlaufgelenke und eine Zwischenwelle,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß zumindest eines der Gleichlaufgelenke (11, 31) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 31 ausgebildet ist.
33. Gelenkwelle nach Anspruch 32,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Zwischenwelle (35) eine Axialverschiebeeinheit (28) umfaßt.

34. Kraftfahrzeug mit zumindest zwei Gelenkwellen, die jeweils zwei Gleichlaufge- lenke und eine Zwischenwelle umfassen und die jeweils als Seitenwellen ein Differentialgetriebe mit einer Radnabeneinheit verbinden,

dadurch gekennzeichnet,

daß jeweils zumindest eines der Gelenke (11, 31) jeder Gelenkwelle nach ei- nem der Ansprüche 1 bis 31 ausgebildet ist und sein Wellenzapfen in das Dif- ferenzialgetriebe (32) eingesteckt ist.

35. Kraftfahrzeug mit zumindest zwei Gelenkwellen, die jeweils zwei Gleichlaufge- lenke und eine Zwischenwelle umfassen und die jeweils als Seitenwellen ein Differentialgetriebe mit einer Radnabeneinheit verbinden,

dadurch gekennzeichnet,

daß jeweils zumindest eines der Gelenke (11, 31) jeder Gelenkwelle nach ei- nem der Ansprüche 1 bis 31 ausgebildet ist und sein Gelenkzapfen in die Rad- nabeneinheit (33) eingesteckt ist.

GKN Driveline International GmbH  
Hauptstraße 130  
53797 Lohmar

02. November 2004  
Ne/bec (20040545)  
Q04059WO00

---

Gegenbahngelenk mit Bahnwendepunkt

---

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Gegenbahngelenk als Festgelenk mit den Merkmalen  
ein Gelenkaußenteil, welches eine erste Längsachse und axial zueinander entge-  
5 gengesetzt eine Anschlußseite und eine Öffnungsseite hat, und das erste äußere  
Kugelbahnen und zweite äußere Kugelbahnen aufweist  
ein Gelenkinnenteil, welches eine zweite Längsachse und Anschlußmittel für eine zur  
Öffnungsseite des Gelenkaußenteils weisende Welle hat und das erste innere Ku-  
gelbahnen und zweite innere Kugelbahnen aufweist,  
10 die ersten äußeren Kugelbahnen und die ersten inneren Kugelbahnen bilden erste  
Bahnpaare miteinander,  
die zweiten äußeren Kugelbahnen und die zweiten inneren Kugelbahnen bilden zwei-  
te Bahnpaare miteinander, die Bahnpaare nehmen jeweils eine drehmomentübertra-  
gende Kugel auf,  
15 ein Kugelkäfig sitzt zwischen Gelenkaußenteil und Gelenkinnenteil und weist um-  
fangsverteilte Käfigfenster auf, die jeweils zumindest eine der Kugeln aufnehmen,  
der Öffnungswinkel der ersten Bahnpaare öffnet sich bei gestrecktem Gelenk in der  
Gelenkmittelebene von der Öffnungsseite zur Anschlußseite des Gelenkaußenteils,  
der Öffnungswinkel der zweiten Bahnpaare öffnet sich bei gestrecktem Gelenk in der  
20 Gelenkmittelebene von der Anschlußseite zur Öffnungsseite des Gelenkaußenteils.

Gegenbahngelenke der vorstehend genannten Art sind grundsätzlich aus der  
DE 102 20 711 A1 bekannt, wobei Gelenke mit 6 Kugeln und mit 8 Kugeln gezeigt  
sind. Hierbei entspricht der Typ der Kugelbahnen dem an sich aus Rzeppa-Gelenken  
25 (RF-Gelenken) sowie aus Undercut Free-Gelenken (UF-Gelenken) bekannten Typ.  
Das heißt, die Mittellinien der Kugelbahnen bestehen aus einheitlichen Radien (RF-

Gelenk) bzw. setzen sich aus Radien und anschließenden achsparallelen Geraden (UF-Gelenk) zusammen. Bei den beschriebenen Gegenbahngelenken wechselt sich hierbei die axiale Öffnungsrichtung der Bahnpaare über dem Umfang ab, was zum Typ des Gegenbahngelenks führt. Gegenbahngelenke dieser Art haben den Nachteil, daß der Beugewinkel auf etwa 45° beschränkt ist, weil bei Überschreiten dieses Beugewinkels eine erste Kugel in der Gelenkbeugeebene aus den ersten Bahnpaaren austritt.

Aus der DE 103 37 612 A1 sind Gegenbahngelenke bekannt, bei denen die Bahnmittellinien der ersten Bahnpaare, die einen Öffnungswinkel haben, dessen Öffnungsrichtung bei gestrecktem Gelenk zum Gelenkboden hin weist, so gestaltet sind, daß der Öffnungswinkel bei Beugung des Gelenks ab einem bestimmten Beugewinkel eine Umkehr seiner Öffnungsrichtung erfährt. Dies wird insbesondere dadurch verwirklicht, daß die Mittellinien der Kugelbahnen der ersten Bahnpaare S-förmig sind und somit jeweils einen Wendepunkt aufweisen.

Aus der DE 100 60 220 A1 sind unter anderem Gegenbahngelenke bekannt, bei denen die Mittellinien der ersten äußeren Kugelbahnen nahe der Gelenkköpfung einen Wendepunkt aufweisen, so daß die Mittellinien der ersten äußeren Kugelbahnen S-förmig sind. Entsprechendes gilt aufgrund der Symmetrievereinigung für die Mittellinien der ersten inneren Kugelbahnen des Gelenkkinnenteils. Der Beugewinkel dieser Gegenbahngelenke kann auf diese Weise erhöht werden.

Für Gelenke der beiden zuletzt genannten Arten gilt, daß das grundlegende Prinzip von Gegenbahngelenken, nämlich abwechselnd entgegengesetzt gerichtete Bahnöffnungswinkel und damit abwechselnd entgegengesetzte Axialkräfte von den Kugeln auf den Kugelkäfig nur solange gilt, bis eine Kugel den Wendepunkt vom nach innen gekrümmten Bahnbereich zum nach außen weggekrümmten Bahnbereich erreicht. Ist der Beugewinkel erreicht, bei dem die Kugel diesen zweiten Bahnbereich der jeweiligen S-förmigen Bahnen einnimmt, sind die Bahnöffnungswinkel nicht mehr sämtlich über dem Umfang abwechselnd gerichtet und die Axialkräfte von den Kugeln auf den Kugelkäfig nicht mehr axial ausgeglichen. Das Gegenbahnprinzip ist somit nicht mehr gegeben und der Kugelkäfig muß sich axial am Gelenkaußenteil

und/oder der Kugelnabe abstützen. Dies kann zu einer reduzierten Lebensdauer aufgrund der erhöhten inneren Reibung zwischen Kugelkäfig und Gelenkaußenteil bzw. Gelenkinnenteil führen.

- 5 Hiervon ausgehend ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ausgehend vom eingangs genannten Stand der Technik, ein Festgelenk nach Art eines Gegenbahngelenks zu entwickeln, das vergrößerte maximale Beugewinkel darstellen kann und dabei eine erhöhte Lebensdauer aufweist.
- 10 Die Lösung hierfür besteht in einem Gelenk mit den Merkmalen  
ein Gelenkaußenteil, welches eine erste Längsachse und axial zueinander entgegengesetzt eine Anschlußseite und eine Öffnungsseite hat und das erste äußere Kugelbahnen und zweite äußere Kugelbahnen aufweist  
ein Gelenkinnenteil, welches eine zweite Längsachse und Anschlußmittel für eine zur Öffnungsseite des Gelenkaußenteils weisende Welle hat und das erste innere Kugelbahnen und zweite innere Kugelbahnen aufweist,  
die ersten äußeren Kugelbahnen und die ersten inneren Kugelbahnen bilden erste Bahnpaare miteinander,  
die zweiten äußeren Kugelbahnen und die zweiten inneren Kugelbahnen bilden zweite Bahnpaare miteinander, die Bahnpaare nehmen jeweils eine drehmomentübertragende Kugel auf,
- 15 ein Kugelkäfig sitzt zwischen Gelenkaußenteil und Gelenkinnenteil und weist umfangsverteilte Käfigfenster auf, die jeweils zumindest eine der Kugeln aufnehmen,  
der Öffnungswinkel der ersten Bahnpaare öffnet sich bei gestrecktem Gelenk in der Gelenkmittelebene von der Öffnungsseite zur Anschlußseite des Gelenkaußenteils,
- 20 der Öffnungswinkel der zweiten Bahnpaare öffnet sich bei gestrecktem Gelenk in der Gelenkmittelebene von der Anschlußseite zur Öffnungsseite des Gelenkaußenteils, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittellinien der ersten Bahnpaare jeweils einen Wendepunkt haben und der Mittelpunktwinkel  $\beta$  an den Wendepunkt bezogen auf
- 25 die Gelenkmittelebene jeweils größer ist als  $4^\circ$ . Hiermit ist sichergestellt, daß das Gelenk im Lebensdauerbetrieb als Gegenbahngelenk arbeitet. Als Lebensdauerbetrieb gilt ein solcher innerhalb des Lebensdauerwinkels, bei welchem die Auslegungslife des Gelenks unter wechselnder Last schadensfrei erreicht wird.

Dies bedeutet, daß im sogenannten Lebensdauerbereich das Prinzip des Gegenbahngelenks nicht verlassen wird, so daß die Lebensdauer erhöht wird. Der Lebensdauerbereich ist hierbei über den Lebensdauerwinkel  $\beta_L$  definiert. Bei einem Betrieb innerhalb dieses Beugungswinkels erreicht das Gelenk definitionsgemäß die Auslebensdauer. Gleichzeitig ist jedoch die weitere Gelenkbeugung möglich, so daß größere Beugewinkel darstellbar sind. Erfindungsgemäß ist nun der Übergang zum zweiten Bereich so definiert, daß er außerhalb des Bahnbereichs liegt, der von den Kugeln im Lebensdauerbereich in den Kugelbahnen überstrichen wird. Für die Lage des genannten Wendepunkts werden nachstehend bevorzugte Ausführungsbeispiele angegeben. Es ist hierbei darauf abzuheben, wie der Begriff Wendepunkt verwendet wird: zum einen im mathematisch zutreffenden Sinn eines Übergangs von einer Krümmung in eine Gegenkrümmung und zum anderen in mathematisch nicht exaktem Sinn für den Übergang von einer Krümmung in eine an die Krümmung tangential anschließende Gerade. Beides wird unter dem hier verwendeten Begriff „Wendepunkt“ verstanden. Es wäre auch die Verwendung des Begriffs „Tangentenpunkt“ möglich.

Nach einer ersten bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, daß der Mittelpunktwinkel  $\beta$  an den Wendepunkt  $P_{1,2}$  bezogen auf die Gelenkmittelebene  $E$  jeweils größer als  $5^\circ$  ist. Nach einer ergänzenden bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, daß der Mittelpunktwinkel  $\beta$  an den Wendepunkt  $P_{1,2}$  bezogen auf die Gelenkmittelebene  $E$  jeweils kleiner als  $12^\circ$  ist.

Weiterhin ist insbesondere vorgesehen, daß eine Tangente  $T_{1,2}$  an die Bahnmittellinie der ersten Bahnpaare im Wendepunkt  $P_{1,2}$  mit der jeweiligen Längsachse bzw. eine Senkrechte auf dieser Tangente  $T_{1,2}$  mit der Gelenkmittelebene  $E$  einen Wendepunktwinkel  $\alpha$  bildet, der mit

$$\alpha \geq \beta - \arcsin \left[ \frac{O_2}{R_2} \cdot \sin(\beta + 90^\circ) \right]$$

definiert ist, wobei  $O_2$  der axiale Abstand des Schnittpunkts einer Senkrechten auf der Tangente  $T_{1,2}$  mit der Längsmittelachse A und  $R_2$  der Abstand dieses

Schnittpunktes vom Wendepunkt  $P_{1,2}$  darstellt.

Nach einer weiteren ersten speziellen Ausführung ist vorgesehen, daß der Wendepunktwinkel  $\alpha$  mit

5

$$\alpha \geq \beta + \arcsin \left[ \frac{O_2 + a \cdot \tan(\beta)}{R_2} \cdot \sin(\beta + 90^\circ) \right]$$

definiert ist, wenn die jeweiligen Bahnmittellinien in der Gelenkmittelebene E und bis zum Wendepunkt  $P_{1,2}$  einen Radius  $R_2$  aufweist, dessen Mittelpunkt  $M_2$  von der Gelenkmittelebene E den axialen Abstand  $O_2$  und von der jeweiligen Längsachse den radialen Abstand  $a$  in Richtung zum Wendepunkt  $P_{1,2}$  hat.

10

Eine hierzu alternative spezielle Ausführung besteht darin, daß der Wendepunktwinkel  $\alpha$  mit

15

$$\alpha \geq \beta + \arcsin \left[ \frac{O_2 - b \cdot \tan(\beta)}{R_2} \cdot \sin(\beta + 90^\circ) \right]$$

definiert ist, wenn die jeweiligen Bahnmittellinie in der Gelenkmittelebene E und bis zum Wendepunkt  $P_{1,2}$  einen Radius  $R_2$  aufweist, dessen Mittelpunkt  $M_2$  von der Gelenkmittelebene E den axialen Abstand  $O_2$  und von der jeweiligen Längsachse A den radialen Abstand  $b$  in Richtung vom Wendepunkt  $P_{1,2}$  weg hat.

20

Ein erfindungsgemäßes Gegenbahngelenk mit 8 Kugeln für einen Beugewinkel von  $47 - 52^\circ$  ist dann optimiert, wenn folgende Verhältnisse zwischen einzelnen Bemessungsgrößen eingehalten werden:

25

$$1,5 < PCDB / R1 < 1,9$$

$$1,8 < PCDB / R2 < 2,2$$

$$2,3 < PCDB / R3 < 2,7$$

$$2,1 < PCDB / R4 < 2,5$$

1,8 < PCDB / R5 < 2,2  
12 < PCDB / O2 < 16  
12 < PCDB / O5 < 16  
0,6 < PCDB / OD < 0,8  
5 2,1 < PCDB / L < 2,5  
3,4 < PCDB / DB < 4,0  
2,1 < PCDB / DS < 2,5  
0,75 < PCDB / DCA < 1,05  
0,85 < PCDB / DCI < 1,15  
10 7,5 < PCDB / W < 11,5  
2,8 < PCDB / L1 < 3,4  
2,6 < PCDB / L2 < 3,2

In diesen Verhältnissen haben die benannten Größen die folgende Bedeutung:

15

PCDB: Teilkreisdurchmesser Kugeln

R1 : Außenteil Kugelbahnradius 1 (erste Kugelbahnen)

R2 : Außenteil Kugelbahnradius 2 (erste Kugelbahnen)

R3 : Außenteil Kugelbahnradius 3 (erste Kugelbahnen)

20 R4 : Außenteil Kugelbahnradius 4 (zweite Kugelbahnen)

R5 : Außenteil Kugelbahnradius 5 (zweite Kugelbahnen)

O2 : Außenteil Kugelbahnoffset für Bahn mit Öffnungswinkel zur Anschlußseite

O5 : Außenteil Kugelbahnoffset für Bahn mit Öffnungswinkel zur Öffnungsseite

OD : Außendurchmesser Außenteil

25 L : Länge Innenteil

DB : Kugeldurchmesser

PCDS: Teilkreisdurchmesser Wellenverzahnung

DCA: Käfig Außendurchmesser

DCI : Käfig Innendurchmesser

30 W : Käfig Stegbreite

L1 : Käfig Fensterlänge 1

L2 : Käfig Fensterlänge 2

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden nachstehend beschrieben.

Figur 1 zeigt ein erfindungsgemäßes Gegenbahngelenk mit 6 Kugeln in einer ersten Ausführung

- 5 a) in Gesamtdarstellung im Längsschnitt
- b) mit seinem Gelenkaußenteil als Einzelheit im Längsschnitt;

Figur 2 zeigt ein Gegenbahngelenk mit 6 Kugeln nach Figur 1

- 10 a) im Längsschnitt mit Vermaßungen
- b) im Längsschnitt weiteren Vermaßungen
- c) den Kugelkäfig in Abwicklung als Einzelheit;

Figur 3 zeigt ein Gegenbahngelenk mit 8 Kugeln ähnlich den Figuren 1 und 2

- 15 a) mit Vermaßungen im Längsschnitt
- b) in abgewinkelte Position mit weiteren Vermaßungen
- c) den Kugelkäfig in Abwicklung als Einzelheit;

Figur 4 zeigt ein erfindungsgemäßes Gelenk mit 6 Kugeln in einer zweiten Ausführung.

- 20 a) in Gesamtdarstellung im Längsschnitt
- b) das Gelenkaußenteil als Einzelheit im Längsschnitt
- c) das Gelenkinnenteil als Einzelheit im Längsschnitt;

25 Figur 5 zeigt das Gelenkaußenteil eines erfindungsgemäßen Gelenks nach Figur 4 mit weiteren Vermaßungen im Längsschnitt;

Figur 6 zeigt das erfindungsgemäße Gelenk nach den Figuren 4 und 5 mit weiteren Vermaßungen

- 30 a) im Längsschnitt durch das Gelenkaußenteil
- b) im Querschnitt durch eine Kugelbahn
- c) eine Bewertungstabelle;

Figur 7 zeigt das Gelenkaußenteil eines erfindungsgemäßen Gelenks in einer weiteren Ausführungsform im Längsschnitt mit Vermaßungen;

5 Figur 8 zeigt das Gelenkaußenteil eines erfindungsgemäßen Gelenks in einer weiteren Ausführungsform im Längsschnitt mit Vermaßungen;

Figur 9 zeigt ein erfindungsgemäßes 6-Kugel-Gegenbahngelenk mit Definition der  
10 Gegenbahnen

- a) in axialer Ansicht
- b) im Längsschnitt;

Figur 10 zeigt ein erfindungsgemäßes 6-Kugel-Gegenbahngelenk mit Definition der  
15 Gegenbahnen

- a) in axialer Ansicht
- b) im Längsschnitt;

Figur 11 zeigt ein erfindungsgemäßes 6-Kugel-Gegenbahngelenk mit Definition der  
20 Gegenbahnen

- a) in axialer Ansicht
- b) im Längsschnitt;

Figur 12 zeigt ein erfindungsgemäßes 6-Kugel-Gegenbahngelenk mit Definition der  
25 Bahnen

- a) in axialer Ansicht
- b) im Längsschnitt durch das Gelenk (RF-Bahn);

Figur 13 zeigt ein erfindungsgemäßes 8-Kugel-Gegenbahngelenk mit Definition der  
30 Gegenbahnen

- a) in axialer Ansicht
- b) in einem ersten Längsschnitt
- c) in einem zweiten Längsschnitt;

Figur 14 zeigt ein erfindungsgemäßes 8-Kugel-Gegenbahngelenk

- a) in axialer Ansicht
- b) in einem ersten Längsschnitt
- c) in einem zweiten Längsschnitt;

5

Figur 15 zeigt ein erfindungsgemäßes 8-Kugel-Gegenbahngelenk

- a) in axialer Ansicht
- b) in einem ersten Längsschnitt
- c) in einem zweiten Längsschnitt;

10

Figur 16 zeigt ein erfindungsgemäßes 8-Kugel-Gegenbahngelenk

- a) in axialer Ansicht
- b) in einem ersten Längsschnitt
- c) in einem zweiten Längsschnitt;

15

Figur 17 zeigt ein erfindungsgemäßes 6-Kugel-Gegenbahngelenk mit Definition der Bahnen und in weiteren Einzelheiten

- a) das Gelenkaußenteil im Längsschnitt
- b) eine Außenbahn im Längsschnitt
- c) das Gelenkinnenteil im Längsschnitt
- d) eine Innenbahn im Längsschnitt
- e) eine Bewertungstabelle.

20

Figur 18 zeigt ein erfindungsgemäßes 8-Kugel-Gegenbahngelenk ähnlich Figur 13

25 mit Definition einzelner Kenngrößen

- a) in axialer Ansicht
- b) in einem ersten Längsschnitt
- c) in einem zweiten Längsschnitt
- d) im Querschnitt durch den Kugelkäfig;

30

Figur 19 zeigt ein erfindungsgemäßes 8-Kugel-Gegenbahngelenk ähnlich Figur 13

mit Definition der Bahnen

- a) in axialer Ansicht

- b) im Längsschnitt durch das Gelenkaußenteil
- c) im Längsschnitt durch den Kugelkäfig;

Figur 20 zeigt eine erfindungsgemäße Einbausituation einer erfindungsgemäßen Ge-  
lenkwelle in einem Fahrzeug im Teillängsschnitt.

Die beiden Darstellungen der Figur 1 werden nachstehend gemeinsam beschrieben.  
Ein erfindungsgemäßes Gleichlaufgelenk 11 umfaßt ein Gelenkaußenteil 12 mit einer  
Öffnung 25 mit einem geschlossenen Boden 13 und einem einstückig angeschlosse-  
nen Zapfen 14. Das Gelenk umfaßt weiterhin ein Gelenkinnenteil 15, einen Kugelkä-  
fig 16 sowie drehmomentübertragende Kugeln 17. Erste äußere Kugelbahnen 18 und  
erste innere Kugelbahnen 19 nehmen Kugeln 17<sub>1</sub> auf und bilden erste Bahnpaare  
miteinander. Zweite äußere Kugelbahnen 20 und zweite innere Kugelbahnen 21 bil-  
den zweite Bahnpaare miteinander, die zweite Kugeln 17<sub>2</sub> aufnehmen. Die beiden  
Arten von Bahnpaaren sind über dem Umfang abwechselnd ausgebildet. Tangenten  
an die Kugeln in den Berührungs punkten mit den ersten Bahnpaaren, die einge-  
zeichnet sind, bilden miteinander einen Öffnungswinkel δ<sub>1</sub>, der sich in Richtung zum  
Boden 13 öffnet. Tangenten an die zweiten Kugeln 17<sub>2</sub> in den Berührungs punkten  
mit den zweiten Bahnpaaren bilden miteinander einen Öffnungswinkel δ<sub>2</sub>, der sich  
zur Öffnung 21 des Gelenkaußenteils öffnet. Unter Drehmoment erzeugen diese Öff-  
nungswinkel bei gestrecktem Gelenk Axialkräfte auf die Kugeln und damit auf den  
Kugelkäfig 16, die mit F<sub>1</sub> und F<sub>2</sub> bezeichnet sind. Eine Gelenkmittelebene E, die die  
Mittelpunkte der Kugeln aufnimmt, schneidet die Längsachse des Gelenks, die durch  
die Längsachsen A<sub>12</sub> des Gelenkaußenteils und A<sub>22</sub> des Gelenkinnenteils definiert ist,  
in einem Gelenkmittelpunkt M. Jeweils auf die Mittellinien L<sub>18</sub> der Kugelbahnen 18 im  
Gelenkaußenteil 12 bezogen, haben die Bahnen 18 in der Mittelebene einen Radius  
R<sub>2</sub>, deren Mittelpunkt um einen axialen Offset O<sub>2</sub> auf der Achse A gegenüber dem  
Gelenkmittelpunkt M versetzt ist, während die Bahnen 20 einen gleich großen Radius  
R<sub>5</sub> haben, deren Mittelpunkt um ein Offset O<sub>5</sub> in entgegengesetzter Richtung gegen-  
über dem Gelenkmittelpunkt M versetzt ist.

In Figur 2 sind gleiche Einzelheiten wie in Figur 1 mit gleichen Bezugsziffern verse-  
hen. In das Gelenkinnenteil 15 ist in Darstellung a eine Welle 22 eingesteckt. Außer

der Längsachse  $A_{12}$  des Gelenkaußenteils ist die Längsachse  $A_{22}$  der Welle 22 bezeichnet, die in gleicher Weise der Längsachse des Gelenkinnenteils 15 entspricht. In Bezug auf die Längsachse  $A_{22}$  sind nach beiden Seiten Lebensdauerwinkel  $2\beta$  angetragen, die den maximalen Beugewinkel bezeichnen, unter dem das Gelenk schadensfrei im Lebensdauerversuch gefahren werden kann. Als Lebensdauerversuch ist hierbei ein Lastkollektiv zu verstehen, das dem praktischen Einsatz eines Gelenks während der Auslegungslife entspricht. Bei Beugung der Welle 22 gegenüber dem Gelenkaußenteil 12 in dem Winkel  $2\beta$  zu beiden Seiten machen die Kugeln 17<sub>1</sub> in den erfindungsgemäßen Kugelbahnen 18, 19 Bewegungen längs der Bahnmittellinie, die durch die Winkel  $\beta$  zu beiden Seiten von der Gelenkmittelebene E aus definiert sind, wobei die Schenkel der Winkel von der Gelenkmittelebene E und Strahlen durch die Kugelmittelpunkte gebildet werden. In Darstellung c) ist der Kugelkäfig 16 in Abwicklung mit je drei umfangsverteilten Käfigfenstern 23, 24 erkennbar. Jeweils in ersten Bahnpaaren gehaltene Kugeln 17<sub>1</sub> üben eine Axialkraft  $F_1$  auf den Kugelkäfig aus; jeweils in zweiten Bahnpaaren gehaltene Kugeln 17<sub>2</sub> üben eine Axialkraft  $F_2$  auf den Kugelkäfig aus. Aufgrund der abwechselnden Verteilung von ersten und zweiten Bahnpaaren befindet sich der Kugelkäfig auch bei Drehmomentübertragung über das Gelenk in axialem Gleichgewicht.

In Figur 3 ist in Darstellung a) in Bezug auf die Längsachse  $A_{22}$  der Welle 22 zusätzlich zu dem Lebensdauerwinkel  $2\beta$  beidseitig der maximale Beugewinkel  $\beta_{max}$  ange tragen. In Übereinstimmung hierzu sind in Bezug auf die Kugelmittenposition im Ver hältnis zum Gelenkaußenteil wiederum die halben Lebensdauerwinkel  $\beta$  wie auch die halben maximalen Beugewinkel  $\beta_{max/2}$  zu beiden Seiten von der Mittelebene E aus angetragen. Die Kugelpositionen im Gelenkaußenteil bei maximalem Beugewinkel  $\beta_{max}$  sind jeweils mit gestrichelten Linien dargestellt.

In Darstellung b) ist der maximale Beugewinkel am Gelenk in einem Sinne eingetragen, in dem die Kugeln 17<sub>1</sub> in den erfindungsgemäßen Bahnpaaren 18, 19 zur Öffnung 21 des Gelenkaußenteils 12 hin wandern. Aufgrund des S-förmigen Verlaufs der erfindungsgemäßen Kugelbahnen 18, 19 hat sich hierbei der Öffnungswinkel  $\delta_1$  zwischen den Tangenten an die Kugeln 17<sub>1</sub> in den ersten Bahnpaaren im Richtungs sinn umgekehrt und öffnet sich hier ebenfalls zur Öffnungsseite 21 des Gelenkau

Benteils 12 hin, während die zweiten Bahnpaare, die mit Bahnen 20, 21 nach Art eines Rzeppa-Gelenks ausgeführt sind, einen Öffnungswinkel  $\delta_2$  bilden, der sich zwar dem Betrag nach verändert hat, jedoch wie in der gestreckten Gelenkposition nach Figur 2 weiterhin in Richtung zur Öffnungsseite 21 des Gelenkaußenteils geöffnet sind. Entsprechend den Öffnungswinkeln  $\delta_1$ ,  $\delta_2$ , ergeben sich die Richtungen der Kräfte  $F_1$ ,  $F_2$  auf die Kugeln in der Schnittebene, wie in Darstellung d) erkennbar ist, sind sämtliche Kugelkräfte in ihrer Wirkung übereinstimmend bezüglich ihrer Richtung, wenn auch nicht dem Betrage nach, so daß vom Gelenkaußenteil aus eine Gegenkraft  $F_G$  zu der Summe der Kugelkräfte auf den Käfig ausgeübt werden muß. Erfindungsgemäß wird eine solche Gegenkraft  $F_G$  nur bei Überschreiten des Lebensdauerwinkels  $2\beta$  auftreten, während innerhalb des Lebensdauerwinkels  $2\beta$  der Käfig im axialen Gleichgewicht bleibt.

In Figur 4 ist ein möglicher Bahnverlauf der Bahnmittellinien  $L_{18}$ ,  $L_{19}$  des Gelenkaußenteils und des Gelenkinnenteils für die erfindungsgemäßen Kugelbahnen 18, 19 gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel näher dargestellt. Die erfindungsgemäßen S-förmig verlaufenden Kugelbahnen, in ihrem Verlauf repräsentiert durch Bahnmittellinien  $L_{18}$ ,  $L_{19}$ , verlaufen jeweils S-förmig, wobei die Position des Wendepunktes  $T_{1,2}$  eingezeichnet ist, die, ausgehend von einem Radius  $R_2$  (Gelenkaußenteil) bzw.  $R_{2'}$  (Gelenkinnenteil), der um einen Offsetpunkt  $O_2$  bzw.  $O_{2'}$  geschlagen ist, unter einem Winkel von  $\alpha$  zu einer Radialebene, d.h. einer parallelen Ebene zur Gelenkmittelebene E liegt. Über den Wendepunkt  $T_{1,2}$  hinaus setzt sich die Bahnmittellinie in einem Radius  $R_1$  (Gelenkaußenteil) bzw.  $R_{1'}$  (Gelenkinnenteil) fort, dessen Mittelpunktlage hier nicht näher bemäßt ist, jedoch durch den Schenkel des Winkels  $\alpha$  sowie den Radius  $R_1$  bzw.  $R_{1'}$  selber definiert ist. Gemäß der Erfindung liegt der Wendepunkt  $T_{1,2}$  ebenso wie der Wendepunkt  $T_{1,2'}$  außerhalb des Winkelsectors der Winkel  $\beta_{L2}$  zu jeder Seite von der Gelenkmittelebene E aus betrachtet. Da die Richtungsumkehr des Winkels  $\delta_1$  bei Überschreiten des Wendepunktes  $T_{1,2}$  in den ersten Bahnpaaren erfolgt, wird durch die Bedingung, die hier bezeichnet ist, sichergestellt, daß im Lebensdauerbereich (Beugung von  $A_{22}$  zu  $A_{12} <= 2\beta$  nach beiden Seiten) keine Axialkräfte am Käfig auftreten, sondern der Käfig axialkraftfrei im Gelenkaußenteil gehalten ist.

Während der Lebensdauerwinkel  $2\beta$  jeweils ein Mittelpunktwinkel bezogen auf den Gelenkmittelpunkt M ist, und zwar ausgehend von der Längsachse A<sub>12</sub> bzw. der Mittelebene E und auf diese Weise eine Kugelposition auf der Bahnmittellinie L<sub>18</sub>, L<sub>19</sub> beschreibt, ist der Mittelpunkt des Winkels  $\alpha$  an die Tangente an die Bahnmittellinie im Wendepunkt T<sub>1-2</sub> jeweils mit einem Offset O<sub>2</sub>, O<sub>2'</sub> zum Gelenkmittelpunkt M befestigt.

In Figur 5 ist die Beziehung zwischen Lebensdauerwinkel  $\beta$  bezogen auf den Weg der Kugel längs der Bahnmittellinie L<sub>18</sub> im Gelenkaußenteil 12 im Verhältnis zum Wendepunktwinkel  $\alpha$  dargestellt. Es gilt die Bedingung

$$\alpha \geq \beta \cdot \frac{O_2}{R_2} + \arcsin \left[ \frac{O_2}{R_2} \cdot \sin(\beta + 90^\circ) \right]$$

In Figur 6 ist für ein Gelenkaußenteil 12 nach Figur 5 der Einfluß des Wendepunktwinkels  $\alpha$  auf den Bahnumschlingungswinkel  $\varepsilon$  im Gelenkaußenteil dargestellt. Hierbei ist der Bahnumschlingungswinkel  $\varepsilon$  jeweils als Winkel zwischen einer Radialebene R und einem Strahl durch den Kugelmittelpunkt bzw. die Bahnmittellinie L<sub>18</sub> an eine Bahnkante definiert. Wenn der Bahnumschlingungswinkel  $\varepsilon$  klein wird, entstehen ungünstige Kantenbelastungen in den Bahnen 18, die zu Schäden führen können. Hiermit wird die Drehmomentkapazität begrenzt. Bis zu einem Wendepunktwinkel  $\alpha$  von 16° ist der Bahnumschlingungswinkel  $\varepsilon$  noch zufriedenstellend groß.

In Figur 7 ist das Verhältnis zwischen Lebensdauerwinkel bezogen auf den Kugelweg in der Bahn ( $\beta$ ) und Wendepunktwinkel  $\alpha$  für ein zweites mögliches Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Gelenkaußenteils dargestellt. Im Bereich um die Gelenkmittelebene E hat die Mittellinie L<sub>18</sub> der Kugelbahn 18 hierbei einen geringeren Radius R<sub>2</sub> mit einem Mittelpunkt M<sub>2</sub>, der gegenüber dem Gelenkmittelpunkt M um einen axialen Offset O<sub>2</sub> und um einen radialen Offset a versetzt ist. Über diesen Winkel ist die Tangente an den Wendepunkt T<sub>1-2</sub> definiert. Vom Wendepunkt aus setzt sich die Bahnmittellinie mit einem Radius R<sub>1</sub> um einen Mittelpunkt M<sub>1</sub> fort, der

durch die Größe von  $R_1$  und die Größe des Winkels  $\alpha$  bestimmt ist. Zwischen dem um den Gelenkmittelpunkt M angetragenen Lebensdauerwinkel  $\beta$  und dem Wendepunktwinkel  $\alpha$  ergibt sich die Beziehung

5

$$\alpha \geq \beta + \arcsin \left[ \frac{O_2 + a \cdot \tan(\beta)}{R_2} \cdot \sin(\beta + 90^\circ) \right]$$

15

20

30

In Figur 8 ist das Verhältnis zwischen Lebensdauerwinkel bezogen auf den Kugelweg in der Bahn ( $\beta$ ) und Wendepunktwinkel  $\alpha$  für ein drittes mögliches Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Gelenkaußenteils dargestellt. Im Bereich um die Gelenkmittelebene E hat die Mittellinie  $L_{18}$  der Kugelbahn 18 hierbei einen geringeren Radius  $R_2$  mit einem Mittelpunkt  $M_2$ , der gegenüber dem Gelenkmittelpunkt M um einen axialen Offset  $O_2$  und um einen radialen Offset  $b$  versetzt ist. Über diesen Winkel ist die Tangente an den Wendepunkt  $T_{1-2}$  definiert. Vom Wendepunkt aus setzt sich die Bahnmittellinie mit einem Radius  $R_1$  um einen Mittelpunkt  $M_1$  fort, der durch die Größe von  $R_1$  und die Größe des Winkels  $\alpha$  bestimmt ist. Zwischen dem um den Gelenkmittelpunkt M angetragenen Lebensdauerwinkel  $\beta$  und dem Wendepunktwinkel  $\alpha$  ergibt sich die Beziehung

$$\alpha \geq \beta + \arcsin \left[ \frac{O_2 - b \cdot \tan(\beta)}{R_2} \cdot \sin(\beta + 90^\circ) \right]$$

35

In Figur 9 ist ein erfindungsgemäßes 6-Kugel-Gelenk dargestellt, bei dem sich der Verlauf der Mittellinien  $L_{18}$  der äußeren Kugelbahnen 18 aus drei Radien  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  zusammensetzt, die sich die Radien  $R_1$ ,  $R_2$  über einen Wendepunkt aneinander anschließen, während der Verlauf der Mittellinien  $L_{20}$  der zweiten äußeren Kugelbahnen 20 durch einen Radius  $R_5$  mit anschließender achsparalleler Gerade definiert.

40

In Figur 10 ist ein erfindungsgemäßes 6-Kugel-Gelenk gezeigt, bei dem sich der Verlauf der Mittellinien  $L_{18}$  der ersten äußeren Kugelbahnen 18 durch drei Radien  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  definiert, wobei sich die Radien  $R_1$ ,  $R_2$  über einen Wendepunkt aneinander anschließen, während die Mittellinien  $L_{20}$  der zweiten äußeren Kugelbahnen 20 über zwei Radien  $R_4$ ,  $R_5$  definiert ist, die sich über einen Wendepunkt aneinander an-

schließen.

In Figur 11 ist ein erfindungsgemäßes 6-Kugel-Gelenk dargestellt, bei dem sich der Verlauf der Mittellinien  $L_{18}$  der äußeren Kugelbahnen 18 aus drei Radien  $R_1, R_2, R_3$  zusammensetzt, wobei sich die Radien  $R_1, R_2$  über einen Wendepunkt aneinander anschließen, während der Verlauf der Mittellinien  $L_{20}$  der zweiten äußeren Kugelbahnen 20 durch einen einheitlichen Radius  $R_5$  definiert. Die zweiten Bahnen sind damit nach Art von Bahnen von RF-Gelenken gestaltet.

In Figur 12 ist ein erfindungsgemäßes 6-Kugel-Gelenk dargestellt, bei dem sich der Verlauf der Mittellinien  $L_{18}$  der äußeren Kugelbahnen 18 aus zwei Radien  $R_2, R_3$  und einer an den Radius  $R_2$  in Richtung zur Öffnung tangential anschließenden Geraden zusammensetzt, während der Verlauf der Mittellinien  $L_{20}$  der zweiten äußeren Kugelbahnen 20 durch einen einheitlichen Radius  $R_5$  definiert ist.

In Figur 13 ist ein erfindungsgemäßes 8-Kugel-Gelenk gezeigt, bei dem sich der Verlauf der Mittellinien  $L_{18}$  der äußeren Kugelbahnen 18 aus drei Radien  $R_1, R_2, R_3$  zusammensetzt, wobei sich die Radien  $R_1, R_2$  über einen Wendepunkt aneinander anschließen, während der Verlauf der Mittellinien  $L_{20}$  der zweiten äußeren Kugelbahnen 20 durch einen Radius  $R_5$  mit anschließender achsparalleler Gerade definiert ist.

Figur 14 ist ein erfindungsgemäßes 8-Kugel-Gelenk gezeigt, bei dem sich der Verlauf der Mittellinien  $L_{18}$  der ersten äußeren Kugelbahnen 18 durch drei Radien  $R_1, R_2, R_3$  definiert, wobei sich die Radien  $R_1, R_2$  über einen Wendepunkt aneinander anschließen, während die Mittellinien  $L_{20}$  der zweiten äußeren Kugelbahnen 20 über zwei Radien  $R_4, R_5$  definiert ist, die sich über einen Wendepunkt aneinander anschließen.

Figur 15 ist ein erfindungsgemäßes 8-Kugel-Gelenk dargestellt, bei dem sich der Verlauf der Mittellinien  $L_{18}$  der äußeren Kugelbahnen 18 aus drei Radien  $R_1, R_2, R_3$  zusammensetzt, wobei sich die Radien  $R_1, R_2$  über einen Wendepunkt aneinander anschließen, während der Verlauf der Mittellinien  $L_{20}$  der zweiten äußeren Kugelbahnen 20 durch einen einheitlichen Radius  $R_5$  definiert. Die zweiten Bahnen sind damit nach Art der Bahnen von RF-Gelenken gestaltet.

In Figur 16 ist ein erfindungsgemäßes 8-Kugel-Gelenk dargestellt, bei dem sich der Verlauf der Mittellinie der äußeren Kugelbahnen 18 aus zwei Radien  $R_2$ ,  $R_3$  und einer an den Radius  $R_2$  in Richtung zur Öffnung tangential anschließenden Geraden zusammensetzt, während der Verlauf der Mittellinien  $L_{20}$  der zweiten äußeren Kugelbahnen 20 durch einen einheitlichen Radius  $R_5$  definiert ist.

In Figur 17 ist die Bahnform der ersten äußeren Kugelbahnen und der ersten inneren Kugelbahnen für ein 6-Kugel-Gegenbahngelenk gemäß Figur 1 im einzelnen gezeigt, wobei die Mittellinie  $L_{18}$  der ersten äußeren Kugelbahn 18 sich aus zwei Radien  $R_1$ ,  $R_2$  zusammensetzt, wie bereits zuvor beschrieben, und die der Mittellinie  $L_{19}$  der inneren Kugelbahn 19 aus zwei bezüglich des Gelenkmittelpunkts M dazu symmetrischen Radien  $R_{11}$ ,  $R_{12}$ . Zusätzlich ist das Verhältnis zwischen Wendepunktwinkel  $\alpha$  und Bahnumschlingungswinkel  $\varepsilon$  für die Bahn 18 im Gelenkaußenteil und für den Bahnumschlingungswinkel  $\varepsilon'$  für die Bahn 19 im Gelenkinnenteil tabellarisch dargestellt. Hieraus ergibt sich, daß  $\alpha >= 10^\circ$  und  $\varepsilon = 18^\circ$  sein muß, um zufriedenstellende Umschlingungswinkel  $\varepsilon$ ,  $\varepsilon'$  zu garantieren.

In Figur 18 ist ein erfindungsgemäßes 8-Kugel-Gelenk gezeigt, das mit dem in Figur 13 gezeigten übereinstimmt, wobei der Kugelkäfig 16 als Einzelheit im Querschnitt zusätzlich gezeigt ist. Hierbei ist erkennbar, daß die Kugelfenster 23 für die ersten Kugeln 17<sub>1</sub> eine geringere Umfangslänge  $L_1$  haben, als die Kugelfenster 24 für die zweiten Kugeln 17<sub>2</sub>, die eine größere Umfangslänge  $L_2$  haben. Der äußere Käfigdurchmesser ist mit DCA bezeichnet, der innere Käfigdurchmesser mit DCI, jeweils bezogen auf Mittelebene E, in der der Kugelkäfig geschnitten ist. Die Umfangsbreite der Käfigstege ist außen mit W bezeichnet. Der Teilkreisradius der Kugeln im Gelenk hat die Bezeichnung PCDB, während die Einstektköpfung für die Welle im Gelenkinnenteil einen Durchmesser von PCDS hat. Dies ist für den Fall, daß die Verbindung zwischen Gelenkinnenteil 15 und Welle (22) über eine Wellenverzahnung hergestellt wird, der mittlere Verzahnungsdurchmesser der Wellenverzahnung im Gelenkinnenteil.

In Figur 19 ist für ein Gelenk mit acht Kugeln der Aufbau der Bahnmittellinien am Gelenkaußenteil und am Gelenkinnenteil gesondert aufgebaut. Die ersten äußeren Bahnen 18 sind aus den drei bereits erwähnten Radien  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  zusammengesetzt, während die Bahnmittellinie der ersten inneren Kugelbahn aus drei gleich großen symmetrisch dazu positionierten Radien  $R_{11}$ ,  $R_{21}$ ,  $R_{31}$  zusammengesetzt sind. Für die zweiten äußeren Kugelbahnen gilt die Zusammensetzung aus den Radien  $R_4$  und  $R_5$ , während die entsprechenden zweiten inneren Kugelbahnen 21 bezogen auf den Gelenkmittelpunkt M dazu symmetrisch angeordnete Radien  $R_{41}$ ,  $R_{51}$  aufweisen. Der größte Außendurchmesser des Gelenkaußenteils ist mit OD bezeichnet, die axiale Länge des Gelenkinnenteils mit L.

In Figur 20 ist eine Gelenkwelle in einer Einbausituation als Seitenwelle in einem Kraftfahrzeug dargestellt. Es ist eine erfindungsgemäße Gelenkwelle dargestellt, die ein erfindungsgemäßes Gleichlaufgelenk 11 als Monoblockgelenk aufweist, weiterhin eine Zwischenwelle 35 und ein zweites Gleichlaufgelenk 31, das ebenfalls ein erfindungsgemäßes Gelenk sein kann, insbesondere baugleich mit dem Gelenk 11. Die Zwischenwelle 35 umfaßt eine Axialverschiebeeinheit 28, die als wesentliche Bestandteile eine Hülse 29, einen Zapfen 30 sowie zwischen beiden wirksame nicht im einzelnen bezeichnete drehmomentübertragende Kugeln umfaßt und die einen Längengausgleich der Gelenkwelle zwischen den Gleichlaufgelenken 11, 31 zuläßt. Der Wellenzapfen des erfindungsgemäßen Gelenks 11 ist in ein Differentialgetriebe 32 eingesteckt und in diesem festgelegt, während der Wellenzapfen des zweiten Festgelenks 31 in eine Radhabenanordnung 33 mit einer Radlagerung 34 eingesteckt ist.

GKN Driveline International GmbH  
Hauptstraße 130  
53797 Lohmar

02. November 2004  
Ne/bec (20040545)  
Q04059WO00

---

### Gegenbahngelenk mit Bahnwendepunkt

---

#### Bezugszeichenliste

- 11 Gleichlaufgelenk
- 12 Gelenkaußenteil
- 13 Boden
- 14 Zapfen
- 15 Gelenkinnenteil
- 16 Kugelkäfig
- 17 Kugel
- 18 erste Außenbahn
- 19 erste Innenbahn
- 20 zweite Außenbahn
- 21 zweite Innenbahn
- 22 Welle
- 23 Käfigfenster
- 24 Käfigfenster
- 25 Gelenkkönnung

- $\beta_{\max}$  Maximaler Gelenfbeugewinkel
- $\beta$  Lebensdauerwinkel
- $\delta$  Öffnungswinkel
- $\alpha$  Wendepunktwinkel
- $T_{1-2}$  Wendepunkt

- L Mittellinie
- A Längsachse
- R Radius
- E Mittelebene
- M Gelenkmittelpunkt
- O Axialoffset
- A Radialoffset
- b Radialoffset

GKN Driveline International GmbH  
Hauptstraße 130  
53797 Lohmar

02. November 2004  
Ne/bec (20040545)  
Q04059WO00

---

### Gegenbahngelenk mit Bahnwendepunkt

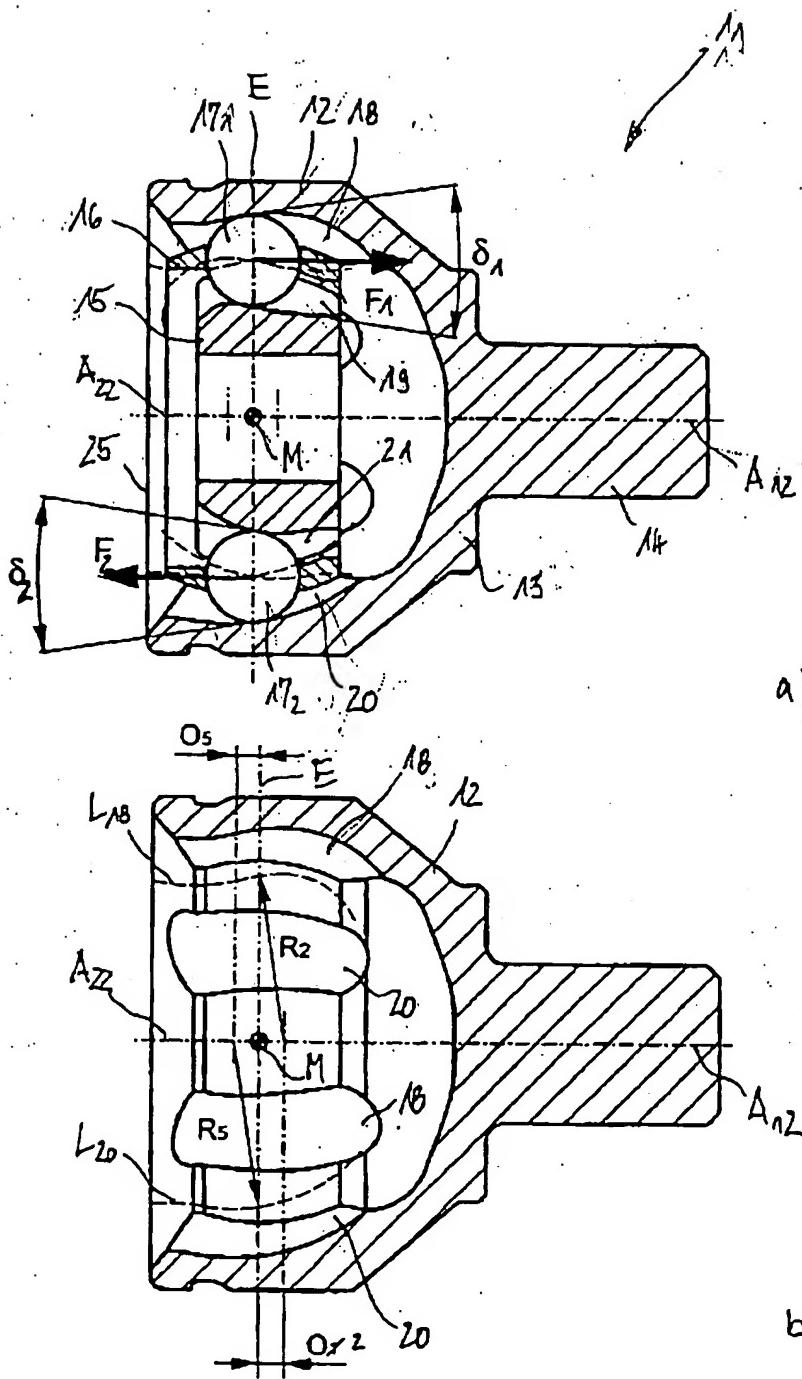
---

#### Zusammenfassung

Gleichlaufgelenk 11 in Form eines Gegenbahngelenks mit den Merkmalen  
ein Gelenkaußenteil 12, welches eine erste Längsachse A<sub>12</sub> und axial zueinander  
entgegengesetzt eine Anschlußseite und eine Öffnungsseite hat, und das erste äu-  
ßere Kugelbahnen 18 und zweite äußere Kugelbahnen 20 aufweist  
5 ein Gelenkinnenteil 15, welches eine zweite Längsachse A<sub>22</sub> und Anschlußmittel für  
eine zur Öffnungsseite des Gelenkaußenteils 12 weisende Welle 22 hat und das er-  
ste innere Kugelbahnen 19 und zweite innere Kugelbahnen 21 aufweist,  
die ersten äußeren Kugelbahnen 18 und die ersten inneren Kugelbahnen 19 bilden  
10 erste Bahnpaare miteinander,  
die zweiten äußeren Kugelbahnen 20 und die zweiten inneren Kugelbahnen 21 bil-  
den zweite Bahnpaare miteinander, die Bahnpaare nehmen jeweils eine drehmo-  
mentübertragende Kugel 17<sub>1</sub>, 17<sub>2</sub> auf,  
ein Kugelkäfig 16 sitzt zwischen Gelenkaußenteil 12 und Gelenkinnenteil 15 und  
15 weist umfangsverteilte Käfigfenster 24<sub>1</sub>, 24<sub>2</sub> auf, die jeweils zumindest eine der Ku-  
geln 17<sub>1</sub>, 17<sub>2</sub> aufnehmen,  
der Öffnungswinkel δ<sub>1</sub> der ersten Bahnpaare öffnet sich bei gestrecktem Gelenk in  
20 der Gelenkmittelebene E von der Öffnungsseite zur Anschlußseite des  
Gelenkaußenteils 12,  
der Öffnungswinkel δ<sub>2</sub> der zweiten Bahnpaare öffnet sich bei gestrecktem Gelenk in  
25 der Gelenkmittelebene E von der Anschlußseite zur Öffnungsseite des  
Gelenkaußenteils 12,  
wobei  
die Bahnmittellinien L<sub>18</sub>, L<sub>19</sub> der ersten Bahnpaare jeweils einen Wendepunkt T<sub>1-2</sub>  
haben und der Mittelpunktwinkel β an den Wendepunkt T<sub>1-2</sub> bezogen auf die Ge-  
lenkmittelebene E jeweils größer als 4° ist.

Figur 1

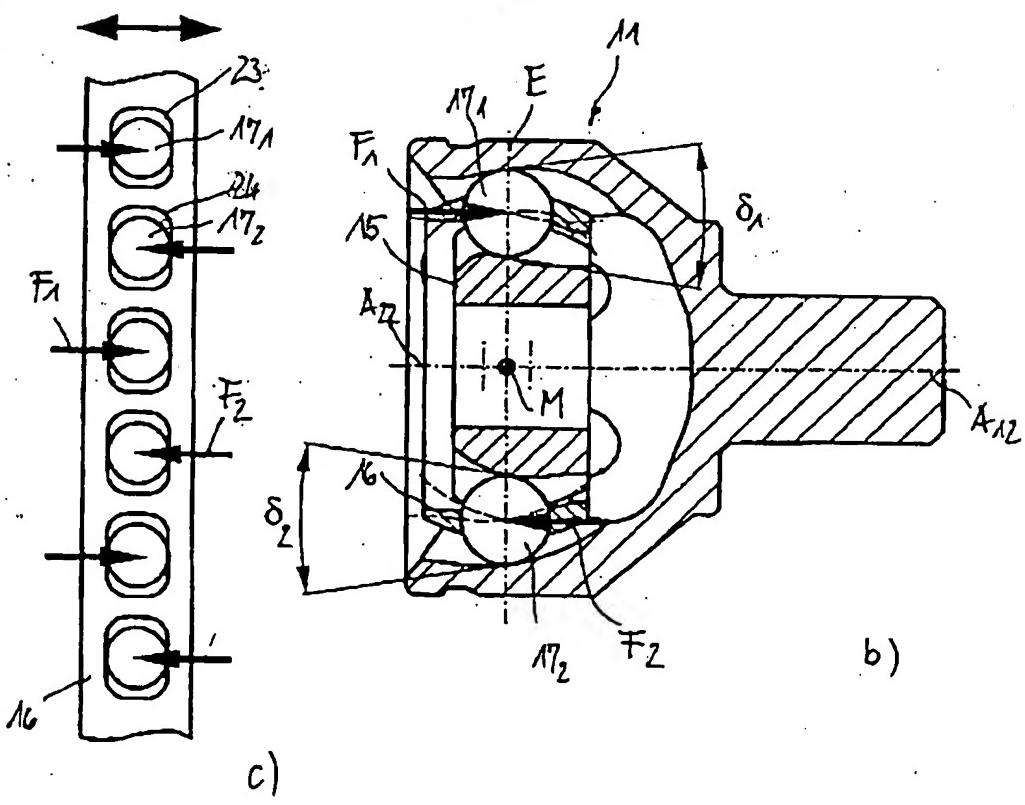
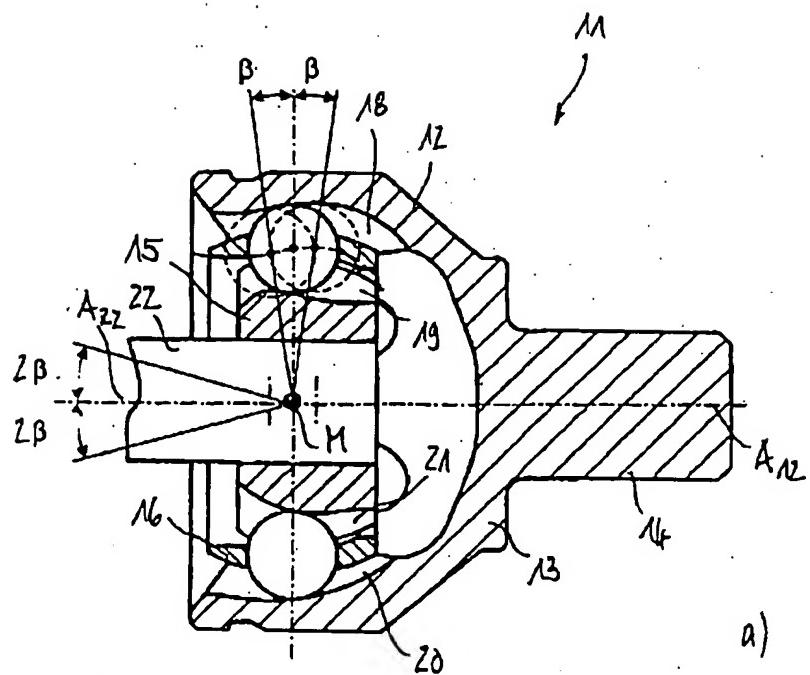
1 / 20



P08 617

FIG. 1

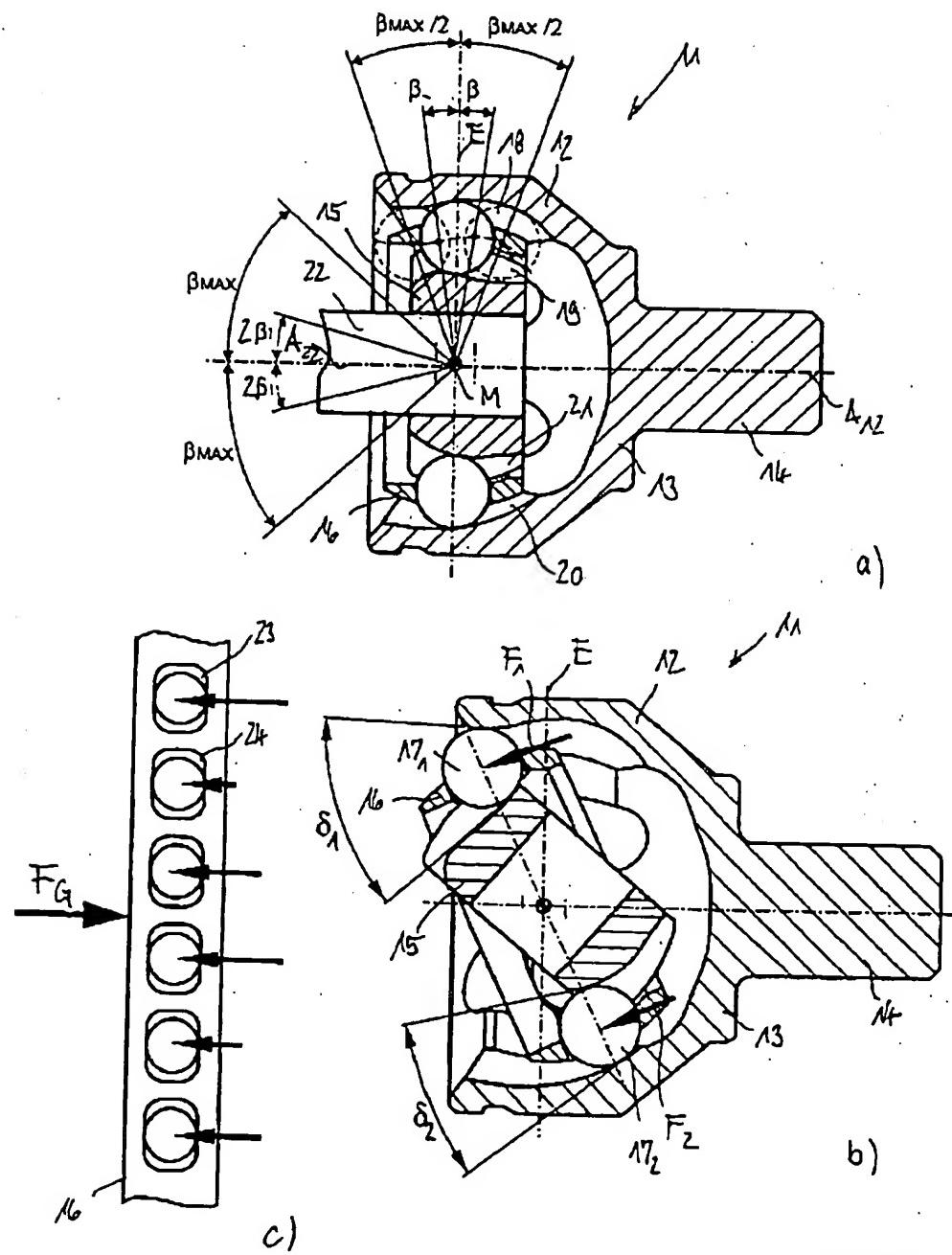
2 / 20



P08 618

FIG. 2

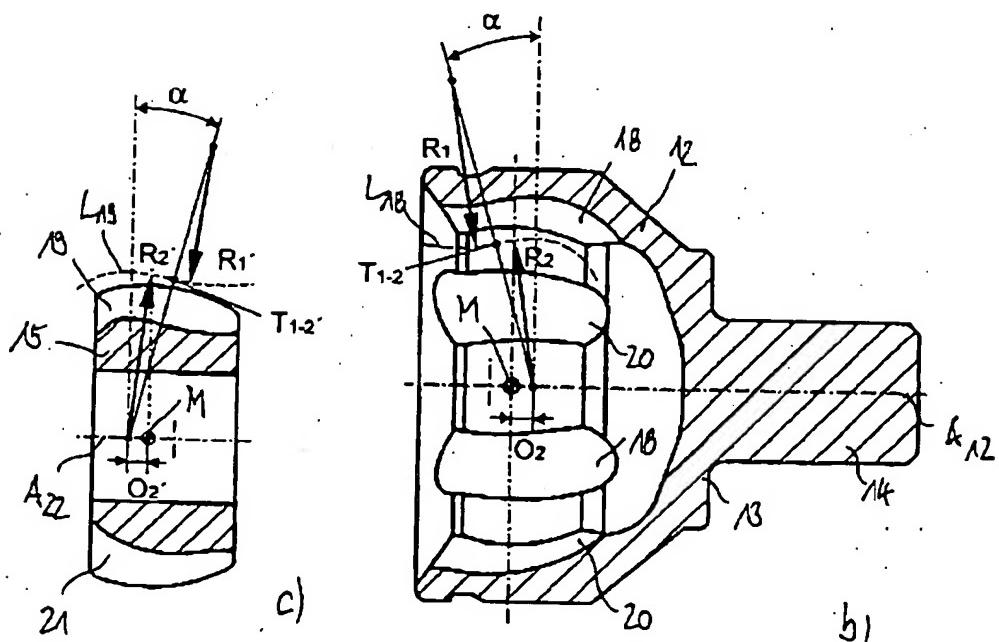
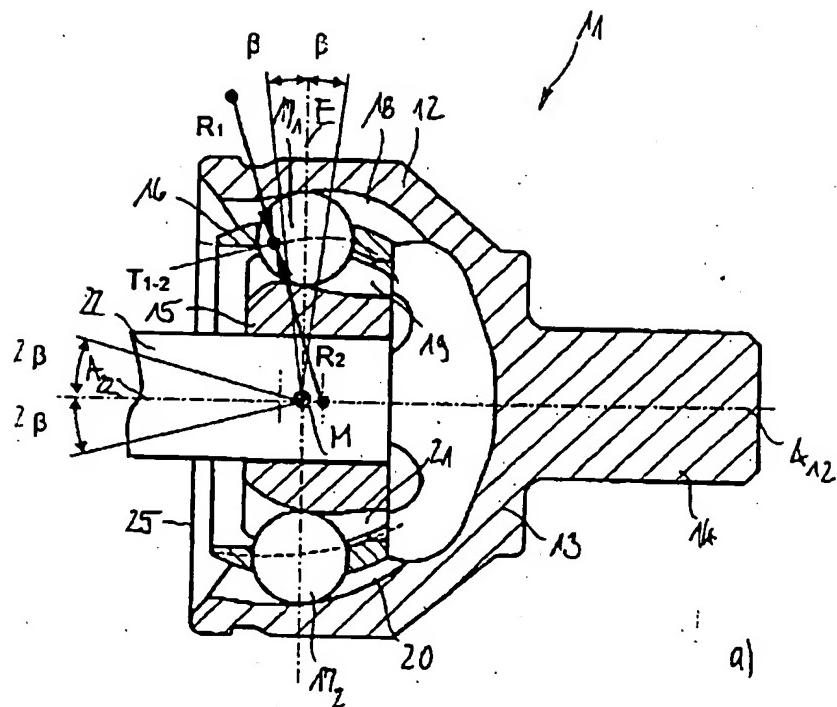
3 / 20



P08 619

FIG.3

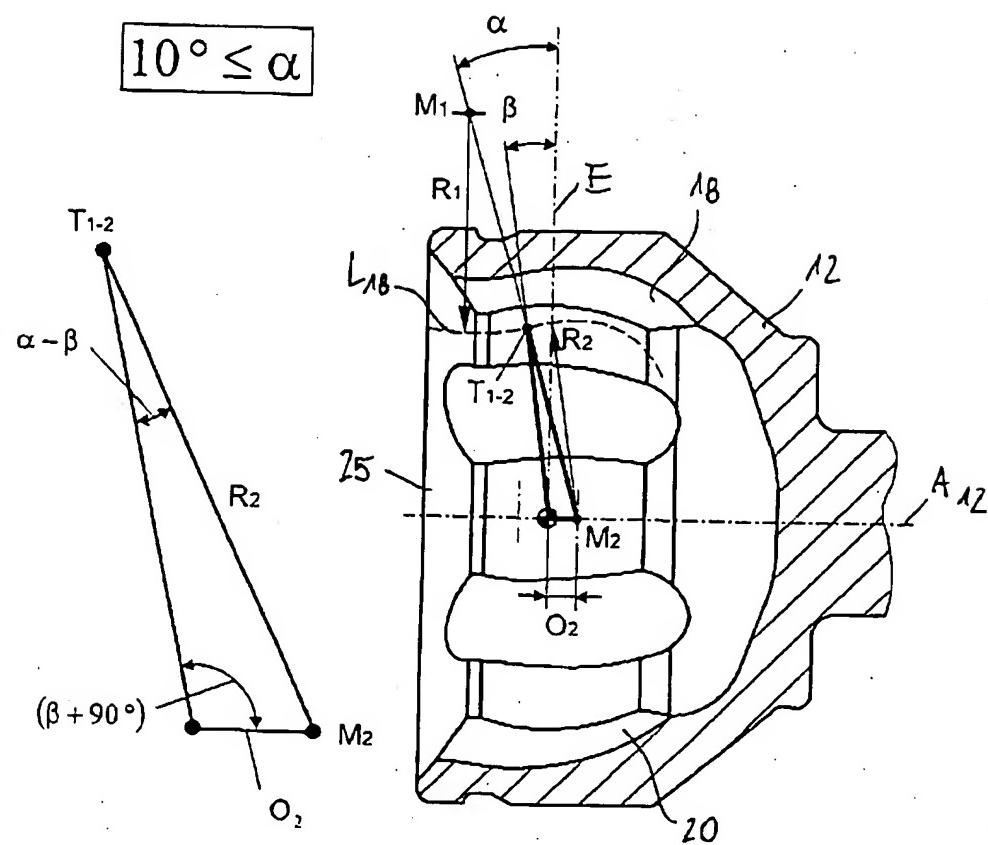
4 / 20



P08 620

FIG. 4

5 / 20



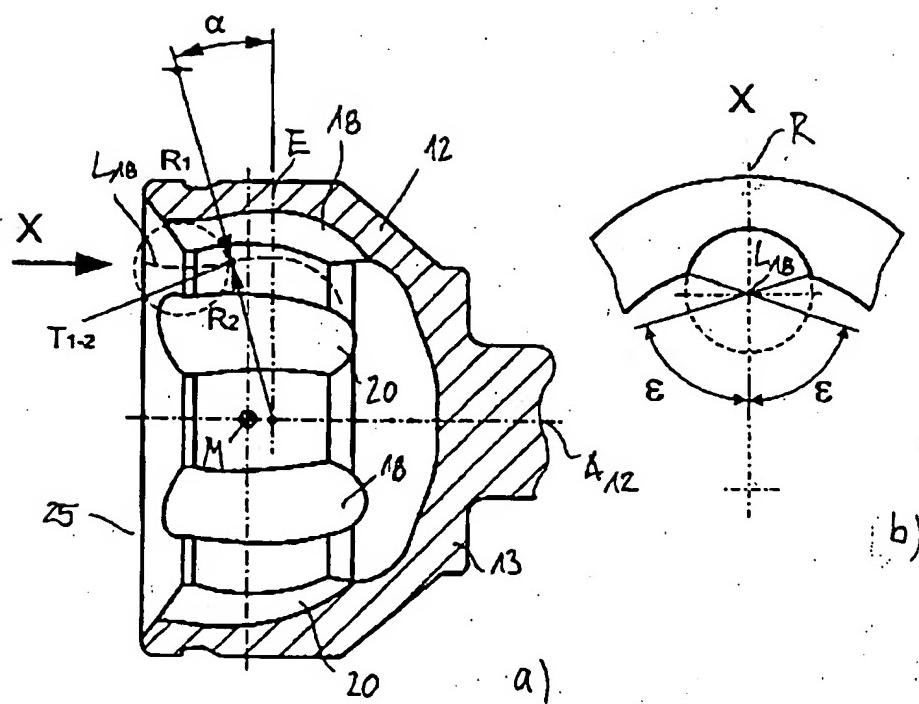
$$\alpha \geq \beta + \arcsin \left[ \frac{O_2}{R_2} \cdot \sin(\beta + 90^\circ) \right]$$

P08 621

FIG. 5

6 / 20

$$\alpha \leq 17^\circ$$

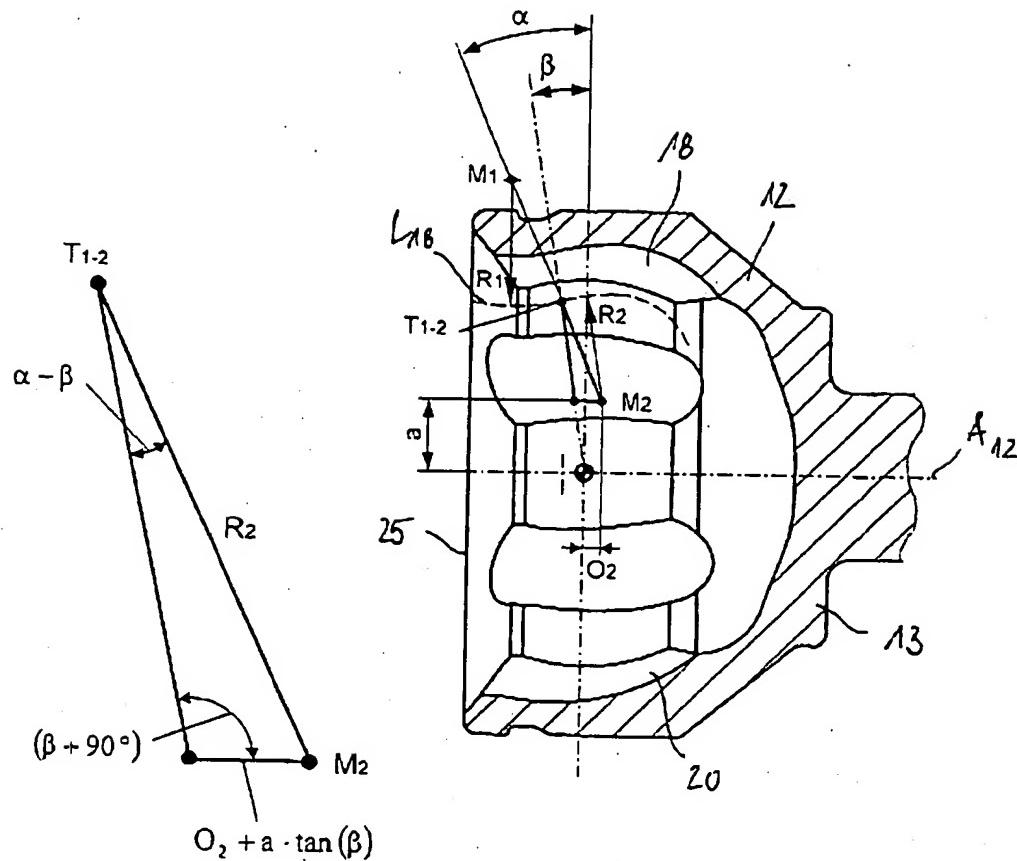


$\alpha$	10°	11°	12°	13°	14°	15°	16°	17°	18°
$\epsilon$	++	++	++	++	++	+	+	-	--

P08 622

FIG. 6

7 / 20

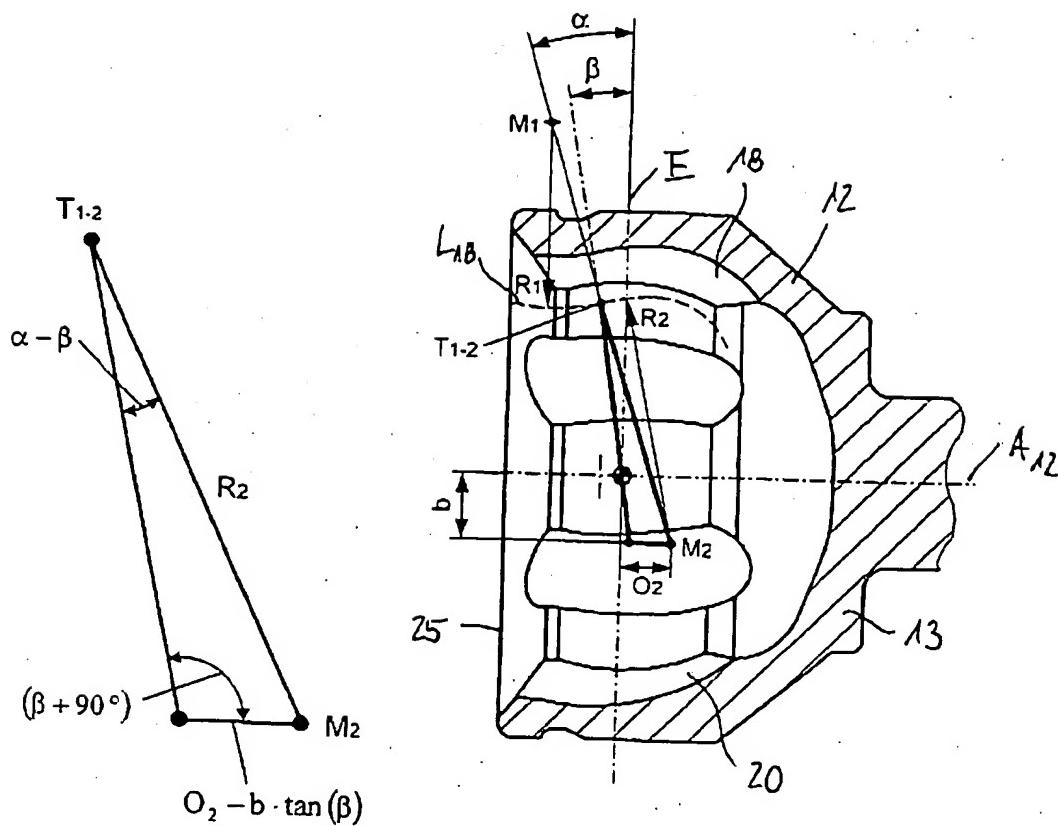


$$\alpha \geq \beta + \arcsin \left[ \frac{O_2 + a \cdot \tan(\beta)}{R_2} \cdot \sin(\beta + 90^\circ) \right]$$

P08 623

FIG. 7

8 / 20

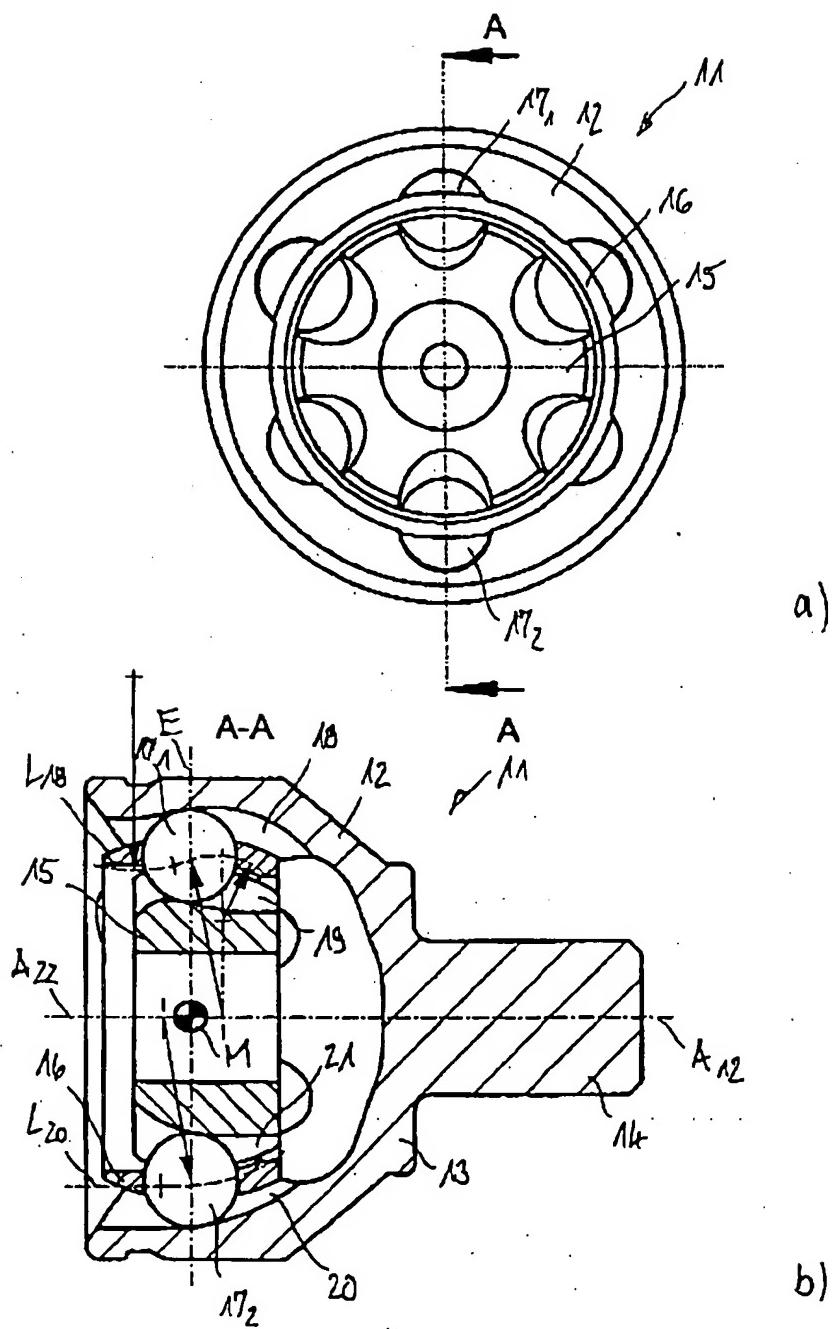


$$\alpha \geq \beta + \arcsin \left[ \frac{O_2 - b \cdot \tan(\beta)}{R_2} \cdot \sin(\beta + 90^\circ) \right]$$

P08 624

FIG. 8

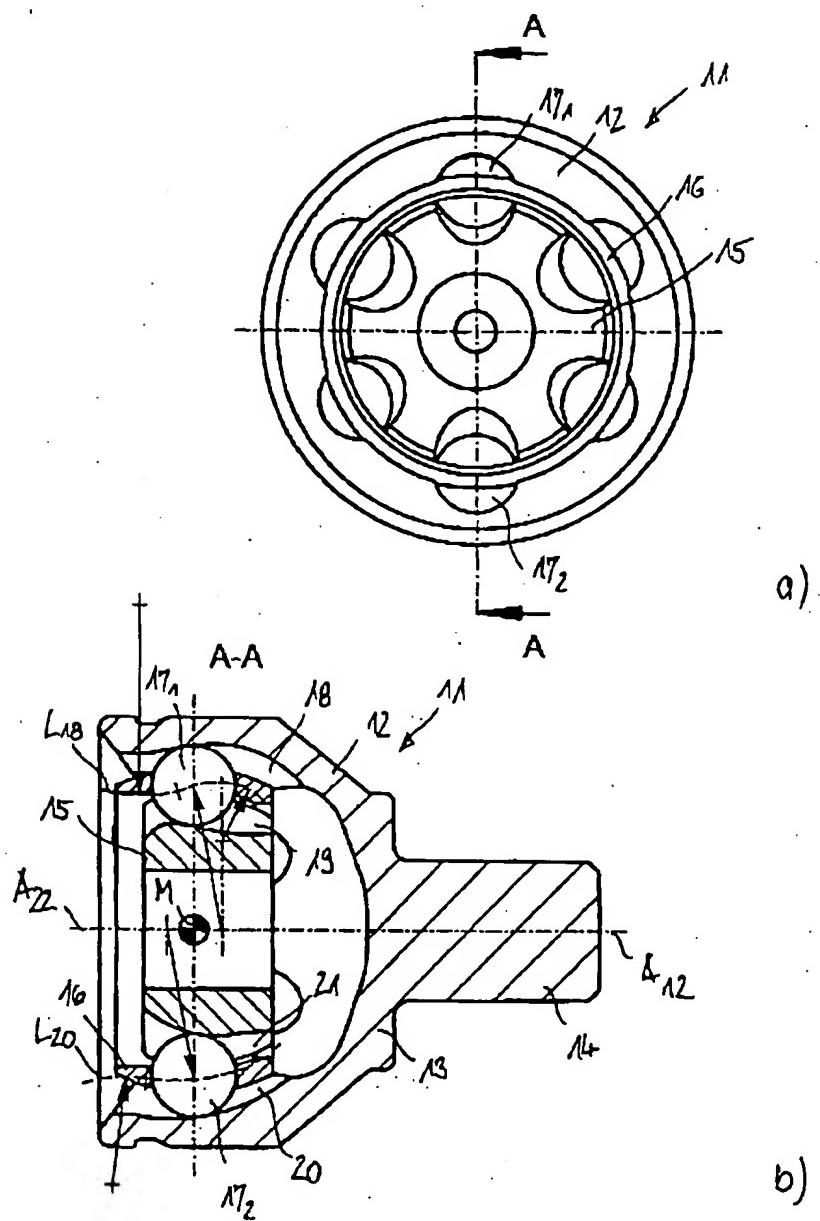
9 / 20



P08 625

FIG. 9

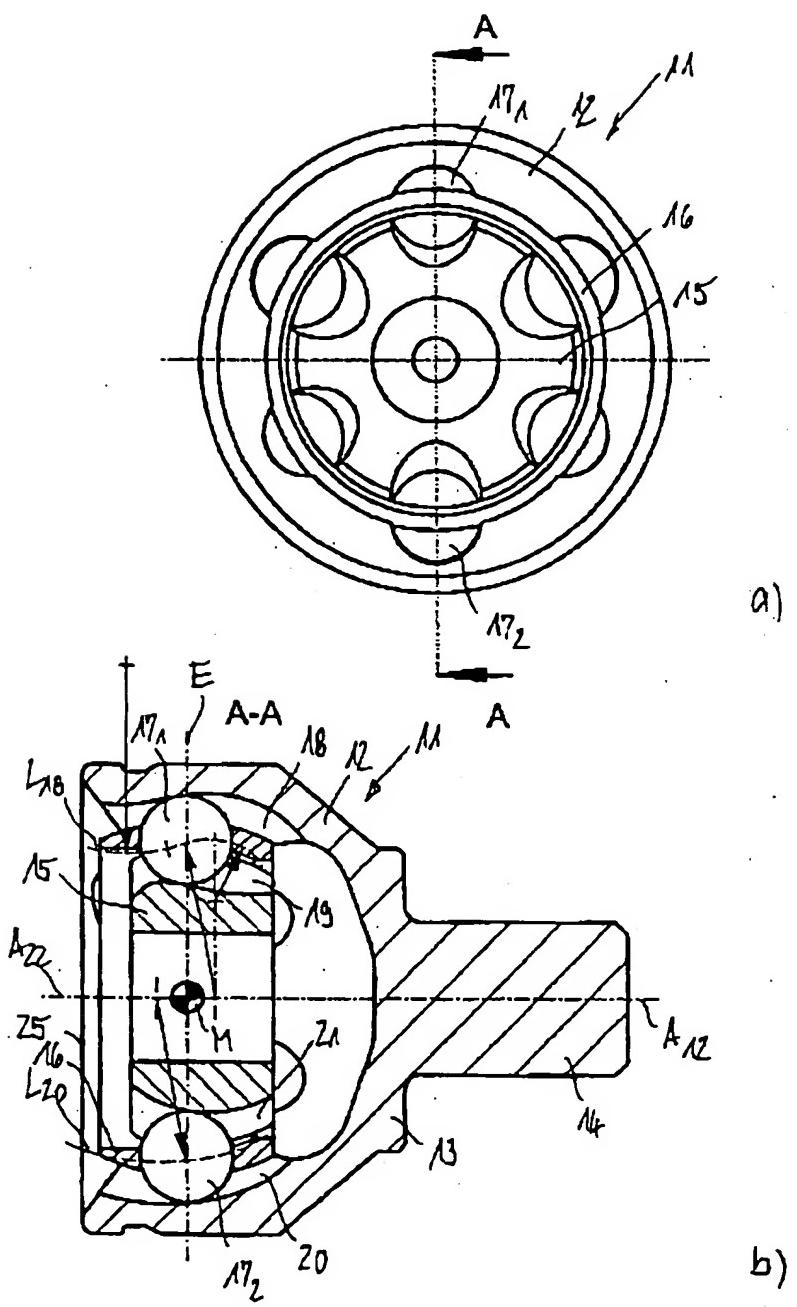
10 / 20



P08 626

FIG. 10

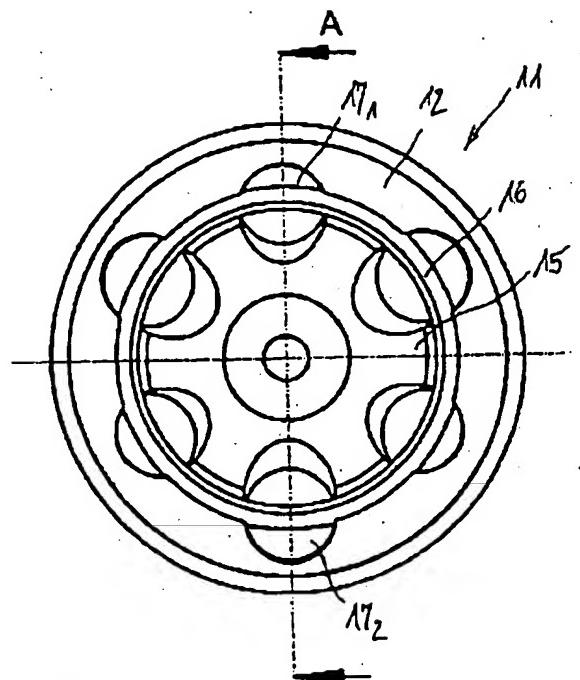
11 / 20



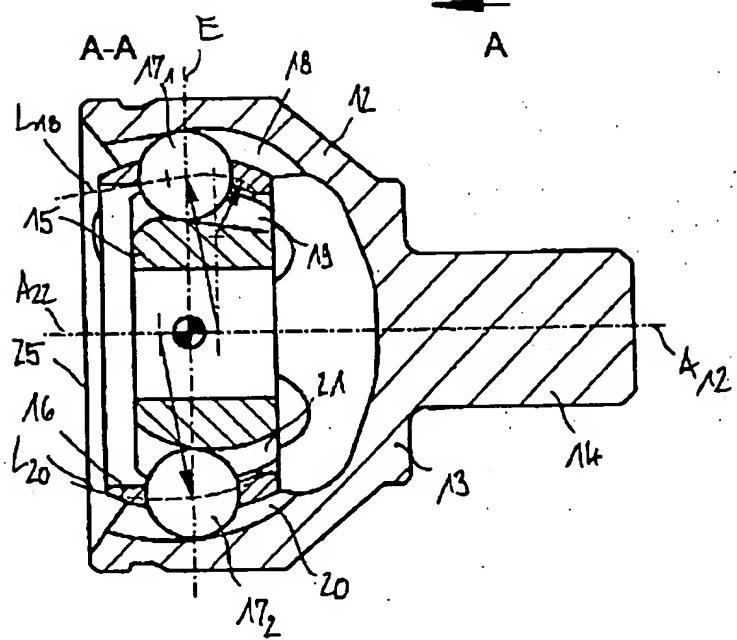
P08 627

FIG. 11

12 / 20



a)

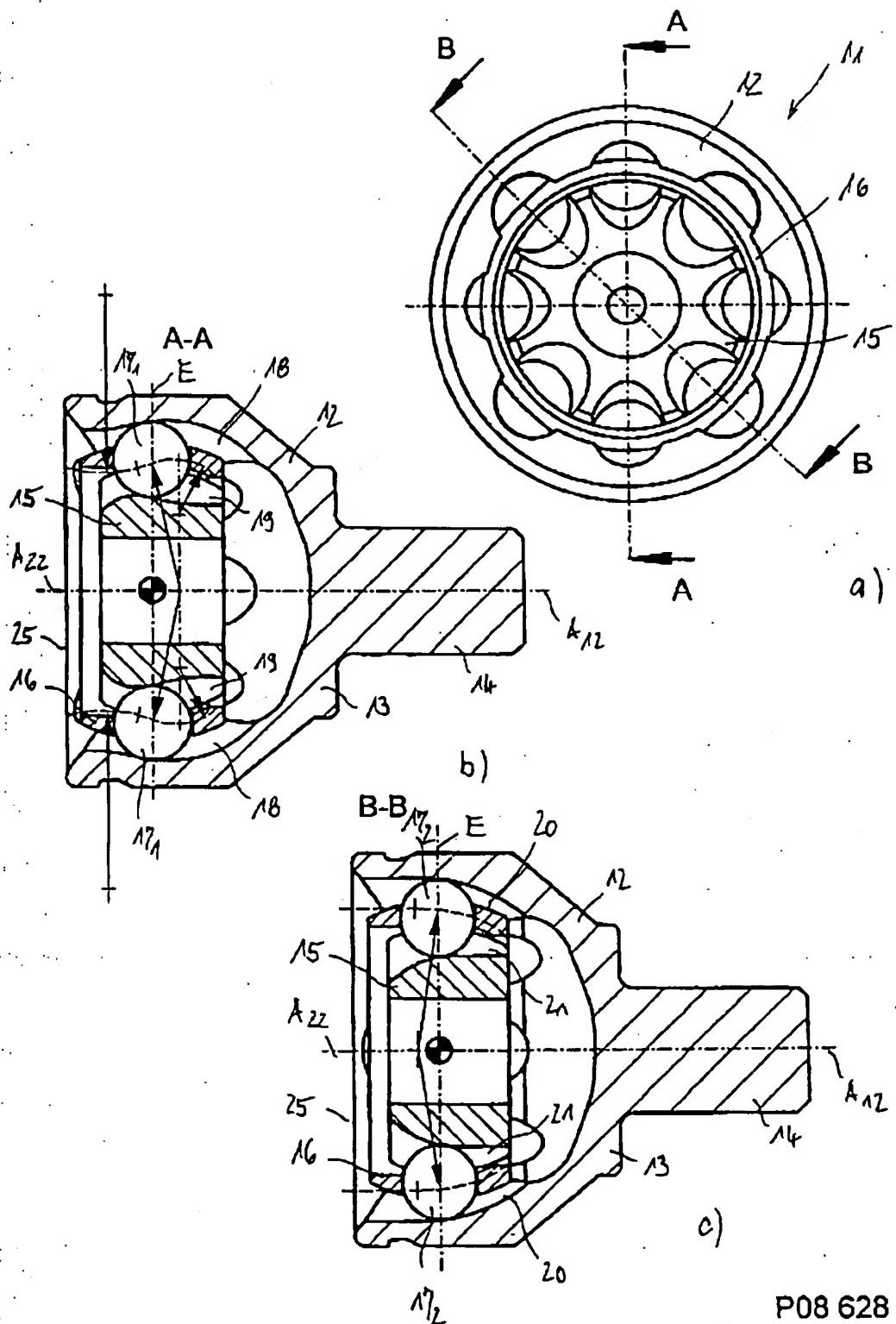


b)

P08 632

FIG. 12

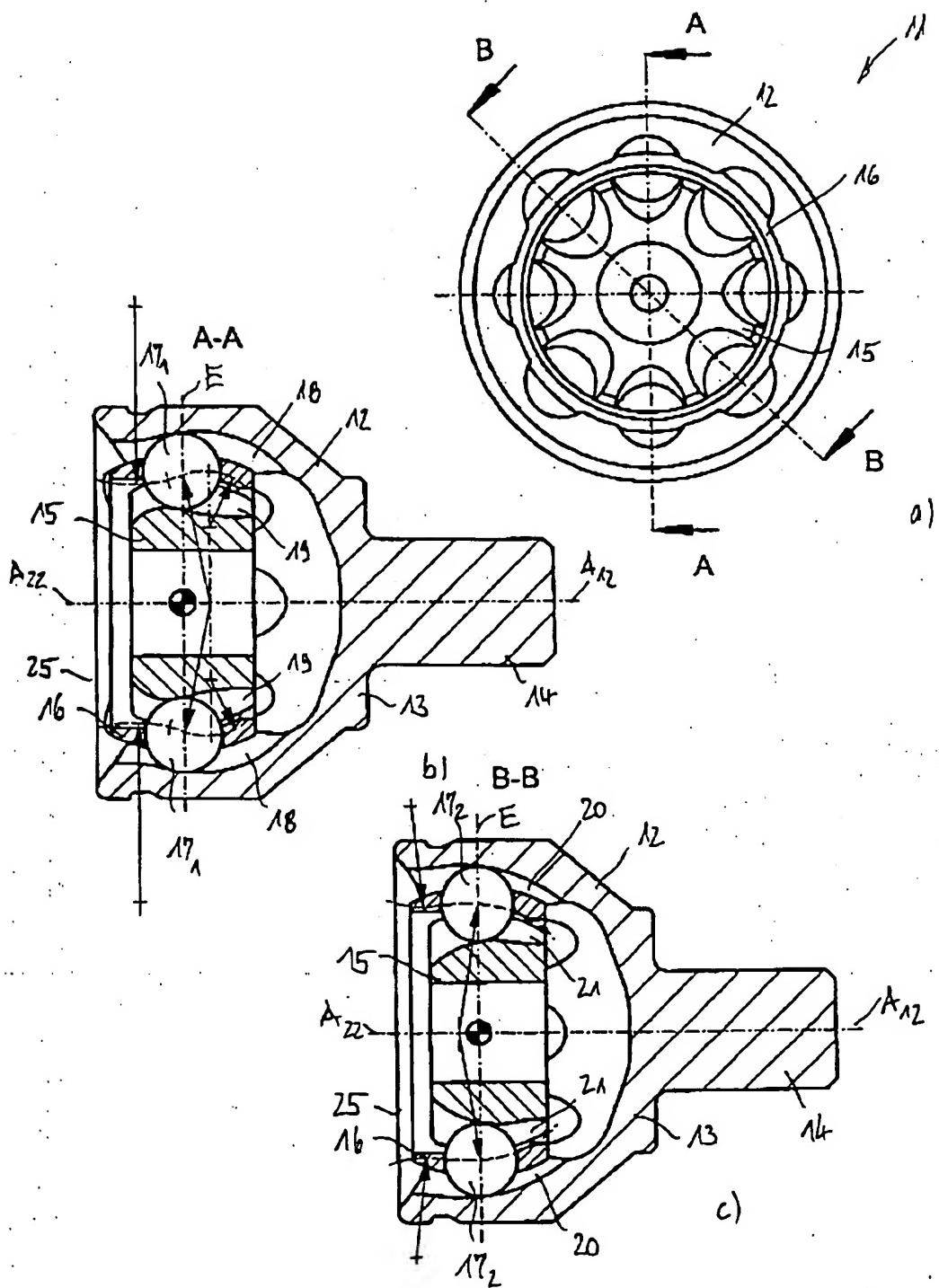
13 / 20



P08 628

FIG. 13

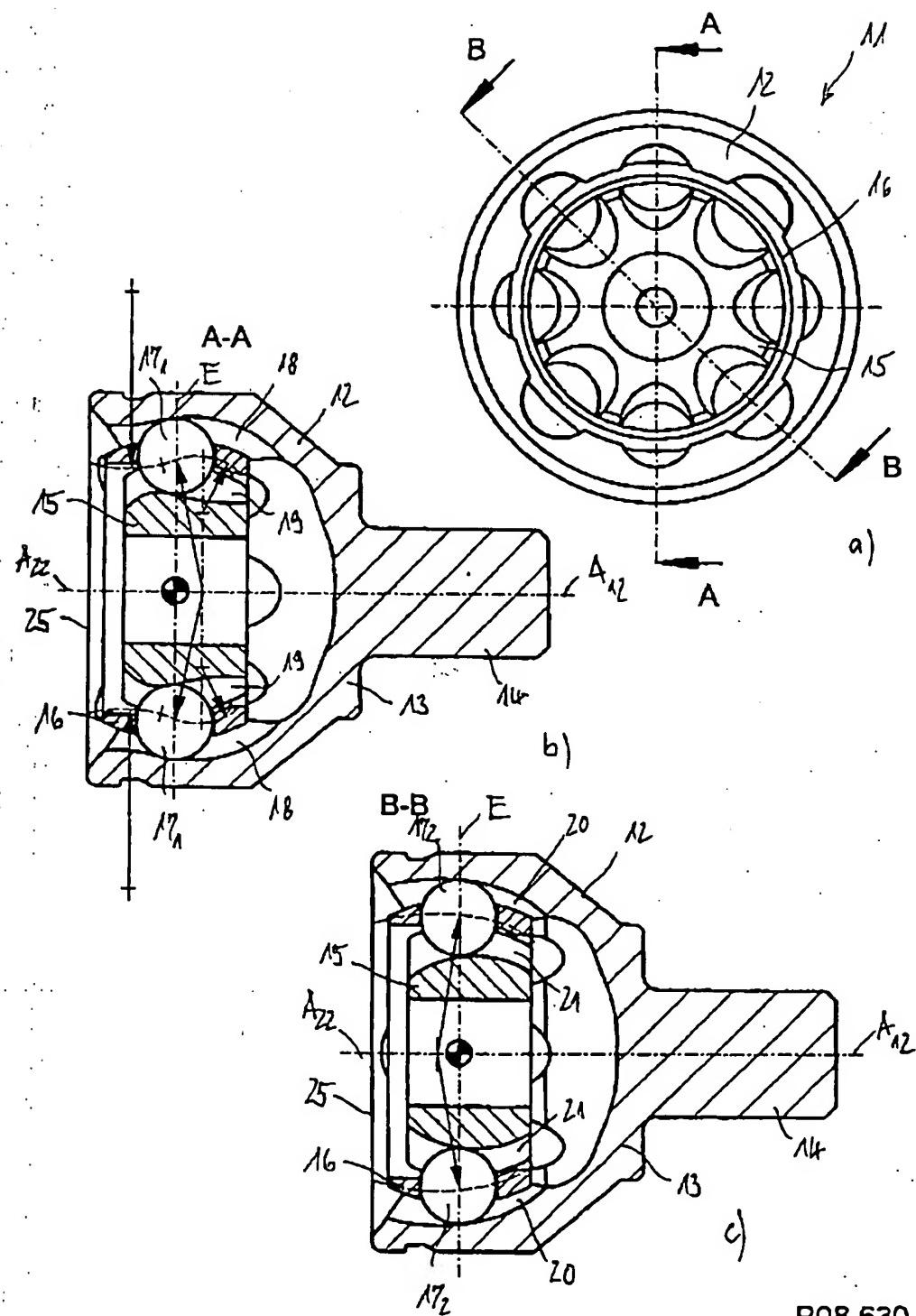
14 / 20



P08 629

FIG. 14

15 / 20

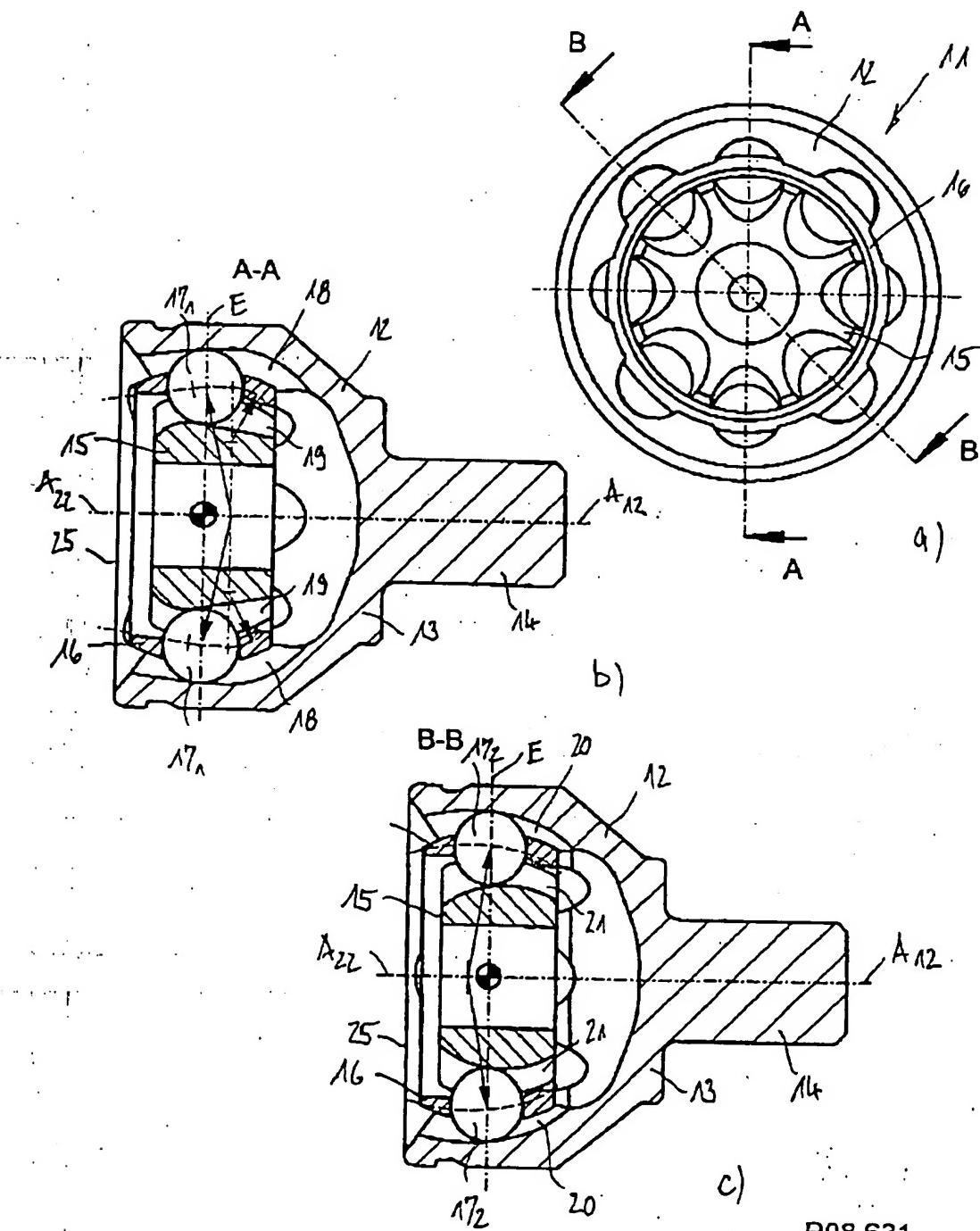


P08 630

FIG. 15

16 / 20

BEST AVAILABLE COPY

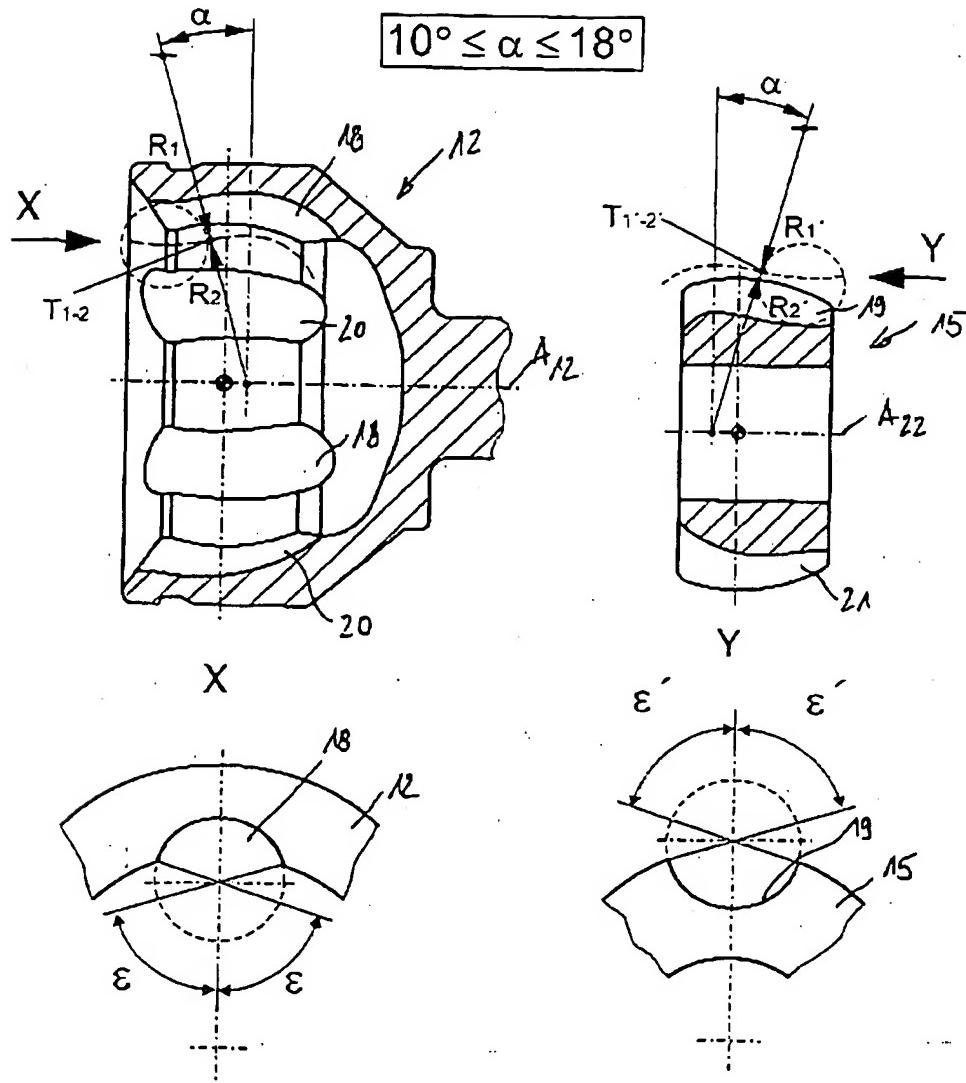


P08 631

FIG. 16

17 / 20

BEST AVAILABLE COPY



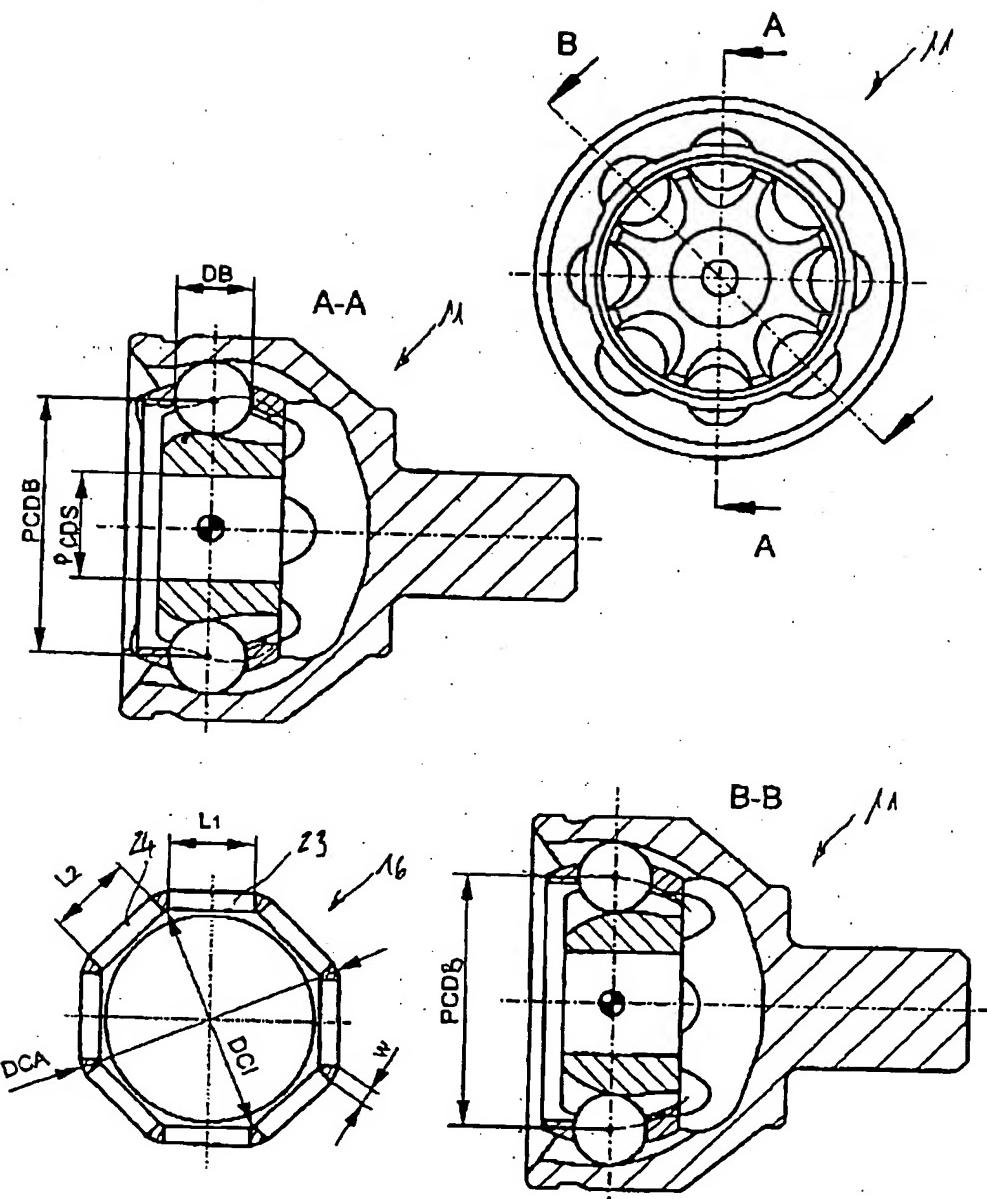
$\alpha$	10°	11°	12°	13°	14°	15°	16°	17°	18°
$\varepsilon$	+	+	+	+	+				-
$\varepsilon'$	+	+	+	+	+	+	+	-	-
$\varepsilon'$	-	-	+	+	+	+	+	+	+

P08 635

FIG. 17

18 / 20

BEST AVAILABLE COPY

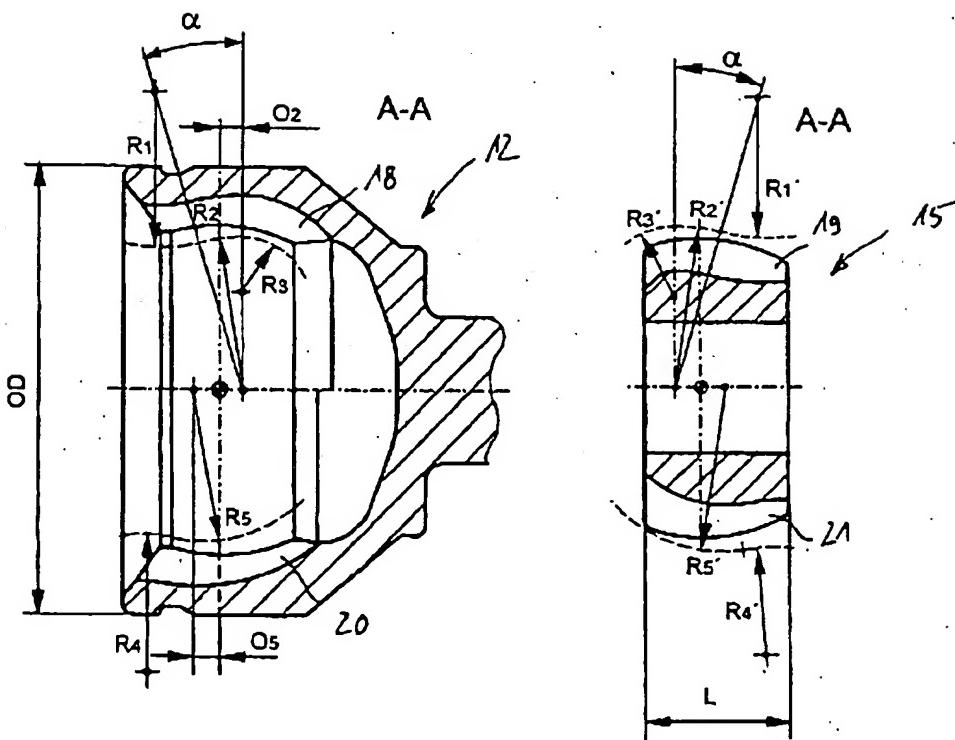
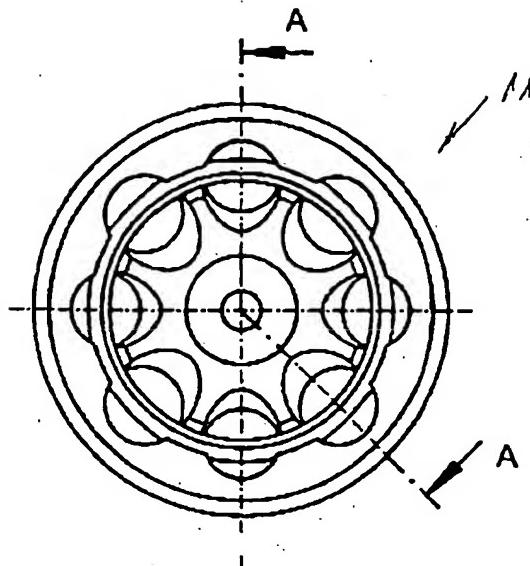


P08 633

FIG. 18

19 / 20

BEST AVAILABLE COPY



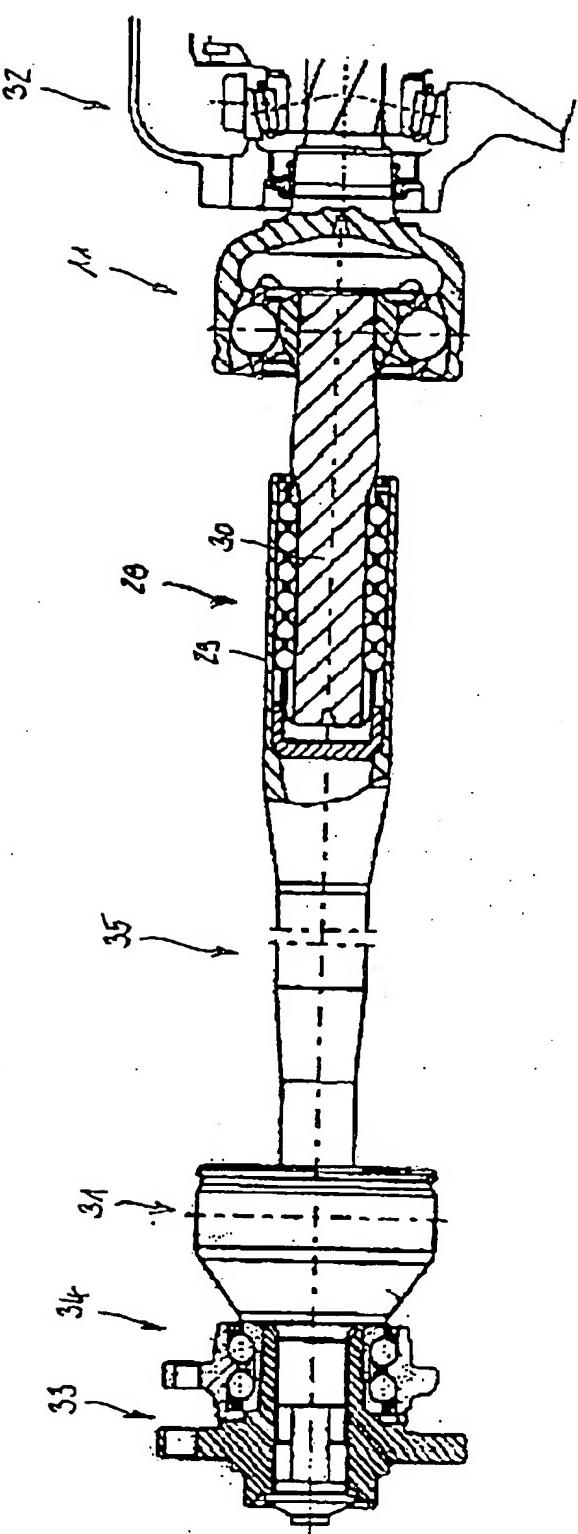
P08 634

FIG. 19

20 / 20

± 14.20

BEST AVAILABLE COPY



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER: \_\_\_\_\_**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**